

Analyse van de bodemvruchtbaarheid volgens de
proefplekkenmethode bij een meerjarig tuinbouwgewas,
de aardbei op zandgrond

Dit proefschrift met stellingen van

JACOBUS VAN DER BOON, landbouwkundig ingenieur, geboren te Bodegraven, 23 juli 1923,
is goedgekeurd door de promotor, Dr. A. C. SCHUFFELEN, hoogleraar in de landbouwscheikunde.

De Rector Magnificus van de Landbouwhogeschool,
F. HELLINGA

Wageningen, 29 september 1967

NN 8201,419

no 419

C

J. van der Boon

Analyse van de bodemvruchtbaarheid volgens de
proefplekkenmethode bij een meerjarig tuinbouwgewas,
de aardbei op zandgrond

with a summary

Analysis of soil fertility by sample plots with a perennial
market-garden crop, strawberries on sands

PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor in de landbouwkunde

op gezag van de Rector Magnificus, Dr. Ir. F. Hellinga, hoogleraar in de cultuurtechniek,
te verdedigen tegen de bedenkingen van een commissie uit de Senaat van de Landbouw-
hogeschool te Wageningen

op woensdag 8 november 1967 te 16 uur

1967 *Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie*

Wageningen

III

ISBN = 104 479-03

**BIBLIOTHEEK
DER
LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN.**

Deze dissertatie verschijnt tevens als Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen 691

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen 1967

Niets uit deze uitgave mag worden veelelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or by any other means without written permission from the publisher.

STELLINGEN

I

De proefplekkenmethode kan slechts een onderdeel zijn van de analyse van de bodemvruchtbaarheid voor meerjarige tuinbouwgewassen.

Dit proefschrift.

J. G. C. VAN DAM. Med. Dir. Tuinb. 26 (1963): 197-200.

II

De beoordeling van het ziektebeeld bij gewassen geeft niet altijd een goed inzicht in de grootte van de opbrengstderving.

Dit proefschrift.

III

Bij de beoordeling van het effect van watertoediening op stip moet rekening gehouden worden met de samenstelling van het water.

J. BUTIJN en J. A. VAN 'T LEVEN. Med. Dir. Tuinb. 19 (1956): 356-368.

IV

De bewering van Tepe dat stikstof in de vorm van nitraat in de appel stip bevordert moet onjuist geacht worden.

W. TEPE. Mitteil. Obst Garten Klosterneuburg 15 (1965): 194-198.

V

Als men in de variantie-analyse kwantitatieve factoren behandelt als waren zij kwalitatief, dan komt men tot foutieve conclusies.

R. SCHUMACHER und F. FANKHAUSER. Schweiz. Zeitschr. Obst- und Weinbau 73 (1964): 412-417, 434-439.

VI

Experimenten ter aftasting van nieuwe landbouwwetenschappelijke hypothesen mogen niet van kleine omvang zijn.

VII

De door Bartholomew en McDonald ontwikkelde methode ter bepaling van de na de oogst in de grond achtergebleven planteresten geeft onjuiste waarden.

W. V. BARTHOLOMEW and I. McDONALD. *The use of isotopes in soil organic matter studies*. Pergamon Oxford 1966:235-242.

VIII

Het nut van langzaam werkende, synthetische organische meststoffen is, zeker in de intensieve tuinbouw, beperkt.

IX

Het slecht aanslaan van in het voorjaar geplante vruchtbomen kan worden voorkomen door een goede watervoorziening.

X

Het gunstige effect van het ringen van de stam van Cox's Orange Pippin bomen, aangetast door voorjaarsziekte in de Noordoostpolder, wijst op onvoldoende zuurstofvoorziening van de wortels.

J. M. FULTON and A. E. ERICKSON. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28 (1964): 610-614.

Inhoud

1	INLEIDING	1
1.1	Doel van het onderzoek	1
1.2	Korte omschrijving van de proefplekkenmethode	1
1.3	Aanleiding tot het onderzoek	2
1.4	Voorgaande onderzoeken met de proefplekkenmethode	2
1.5	Een nieuw proefplekkenonderzoek bij een meerjarig tuinbouwgewas .	4
2	BESCHOUWINGEN OVER DE PROEFPLEKKENMETHODE	5
2.1	Vergelijking van de opzet van proefplekken en proefvelden	5
2.2	Vergelijking van de resultaten van proefplekken en proefvelden . . .	7
2.3	Het vaststellen van relaties tussen ontwikkeling van het gewas en ei- gensenschappen van de grond	8
3	BEWERKING VAN GEGEVENS AFKOMSTIG VAN PROEFPLEKKEN	9
3.1	Voorafgaande bewerking	9
3.1.1	Bewerking van de resultaten van eenvoudige bemestings- en bespui- tingsproefvelden	9
3.1.2	Discontinue variabelen	10
3.2	Correlatieberekening	10
3.3	Nadere studie van de correlatiematrix	11
3.3.1	Groepenanalyse	11
3.3.2	Gewijzigde factoranalyse (aspectenanalyse)	12
3.4	Werkmodel van directe beïnvloeding	15
3.4.1	Meervoudige rechtlijnige regressieberekening	16
3.4.2	Numeriek-grafische methode	18
3.4.3	Polyfactoranalyse	18
3.5	Werkmodel van directe en indirecte beïnvloeding.	19
4	LITERATUURGEGEVENS OVER BEMESTING EN VOCHTVOORZIENING VAN DE AARDBEI	22
5	VERZAMELING EN BESCHRIJVING VAN HET MATERIAAL	27
5.1	Aanleg van de proefplekken	27
5.2	Aanleg van de proefvelden	28
5.3	Verrichte waarnemingen	28

5.4	Frequentieverdeling van de waargenomen factoren	29
5.5	Bemesting van de aardbei in de praktijk volgens enquêtegegevens . .	36
5.6	Het weer	40
6	ONDERLINGE SAMENHANG TUSSEN DE FACTOREN.	41
6.1	Berekening van de correlatiematrix.	41
6.2	Nadere studie van de correlatiematrix	41
6.2.1	Resultaat van de groepenanalyse.	42
6.2.2	Resultaat van de aspectenanalyse	42
7	INVLOED VAN AFZONDERLIJKE FACTOREN OP HET GEWAS	54
7.1	Discontinue variabelen	54
7.1.1	Kwaliteit van het uitgangsmateriaal	54
7.1.2	Vruchtwisseling en opbrengst	55
7.2	Optreden van ziekten	56
7.3	Chemische bodemvruchtbaarheidsfactoren.	59
7.3.1	Invloed van stikstof	59
7.3.2	Invloed van fosfaat en kali op bemestingsproefvelden	59
7.3.3	Invloed van magnesium op bespuitingsproefvelden	62
7.3.4	Invloed van koper op bespuitingsproefvelden	64
7.4	Invloed van de vochthuishouding van de grond	67
7.4.1	Verband tussen het vochthoudend vermogen van de grond en het gehalte aan humus en leem	67
7.4.2	Berekening van de hoeveelheid beschikbaar vocht tot 75 cm diepte . .	74
7.4.3	Waterhuishouding van de grond in juli 1955	78
7.4.4	Invloed van de vochthuishouding van de grond op de stand van het gewas	80
8	MEERDIMENSIONALE BEWERKING VAN DE GESCHATTE OPBRENGST IN 1955 VOLGENS DE POLYFACTORANALYSE	89
8.1	Inleiding	89
8.2	Invloed van aaltjes	93
8.3	Invloed van meeldauw	94
8.4	Invloed van wind	95
8.5	Opbrengst in 1955 en grondwaterstand	96
8.5.1	Grondwaterstand in de zomer	97
8.5.2	Grondwaterstand in het voorjaar	97
8.6	Invloed van organische stof in de bouwvoor op de opbrengst. . . .	102
8.7	Opbrengst in 1955 en dikte van de humushoudende laag	102
8.8	Opbrengst in 1955 en hoeveelheid stalmest	104
8.9	Chemische bodemvruchtbaarheidsfactoren.	105
8.9.1	Opbrengst in 1955 en pH-KCl van de grond	106
8.9.2	Opbrengst in 1955 en fosfaatgehalte van de grond	106

8.9.3	Opbrengst in 1955 en kalium-, magnesium- en vochtgehalte van de grond	107
8.10	Bepaling van het produktievermogen van de grond voor de aardbei . .	110
8.11	Samenvatting van de in de polyfactoranalyse gevonden invloed van de waargenomen factoren op de geschatte opbrengst van Jucunda in 1955	114
9	MEERDIMENSIONALE BEWERKING VAN DE VERDROGINGSCIJFERS VAN HET GEWAS IN 1955 VOLGENS DE POLYFACTORANALYSE	116
9.1	Berekening van het neerslagdeficit tijdens de oogst	116
9.2	Polyfactoranalyse van de verdrogingscijfers	118
9.2.1	Grondwaterstand in juli en verdroging	121
9.2.2	Gehalte aan humus en leem en verdroging	124
9.2.3	Grondwaterstand in maart en verdroging	124
9.2.4	Vochtgehalte van bouwvoor in juli en verdroging	125
9.3	Samenvatting van de in de polyfactoranalyse gevonden invloed van de bodemfactoren op de verdroging van het gewas in juli 1955	126
10	MEERDIMENSIONALE BEWERKING VAN DIVERSE EIGENSCHAPPEN VAN HET GEWAS VOLGENS MULTIPELE LINEAIRE REGRESSIEBEREKENING	128
10.1	Inleiding	128
10.1.1	Samenhang tussen de eigenschappen van het gewas	128
10.2	Invloed van factoren op de eigenschappen van het gewas	130
10.2.1	Percentage uitval, een jaar na het planten	130
10.2.2	Regelmaat van de stand in april 1955	132
10.2.3	Geschat percentage vruchtzetting in juni 1955	135
10.2.4	Vroegheid van de oogst en snelheid van het oogstverloop	137
10.2.5	Kwaliteit van de vrucht	140
10.2.5.1	Percentage grote vruchten in 1955	140
10.2.5.2	Percentage misvormde vruchten in 1955	143
10.2.5.3	Verwerkingskwaliteit in 1955	145
11	MEERDIMENSIONALE BEWERKING VAN OPBRENGST EN KWALITEIT IN 1956 VOLGENS MULTIPELE LINEAIRE REGRESSIEBEREKENING	146
11.1	Inleiding	146
11.2	Opbrengst in 1956	146
11.3	Percentage grote vruchten in 1956	148
11.4	Verwerkingskwaliteit in 1956	149
12	MEERDIMENSIONALE BEWERKING VAN DE OPBRENGST IN 1955 VOLGENS DE METHODE VAN DE PADCOËFFICIËNTEN	151
12.1	Opstelling van het model	151
12.2	Uitwerking van het model	152

13	BODEMTYPEN EN MEERVOUDIGE FACTORENANALYSE	157
13.1	Inleiding	157
13.2	Bodemtype en reactie van de aardbei	158
13.2.1	Waarnemingen aan het gewas ingedeeld naar bodemtype	158
13.2.2	Statistische toetsing van de opbrengstverschillen naar bodemtype. . .	164
13.2.3	Invloed van enkele bodemfactoren binnen het bodemtype op de opbrengst.	165
13.2.4	Typering van het produktievermogen van de grond door indeling naar bodemtype en door meervoudige regressieanalyse	167
13.3	Opbrengst van de aardbei Jucunda in 1955 op de nieuwe kaarteenheden van de Stichting voor Bodemkartering	168
13.3.1	Invloed van grondwatertrappen en van diverse bodemfactoren binnen de subgroepen op de opbrengst	171
13.3.2	Verdeling van de nieuwe kaarteenheden over de vroegere bodemtypen	174
13.4	Produktievermogen van de grond en indeling naar kaarteenheden en bodemtypen	174
14	NABESCHOUWING OVER DE RESULTATEN VAN DE PROEFPLEKKENMETHODE BIJ EEN MEERJARIG TUINBOUWGEWAS, DE AARDBEI	176
14.1	Beschouwing over de bewerking	176
14.2	Moeilijkheden bij de toepassing van de proefplekkenmethode bij meerjarige tuinbouwgewassen	180
14.3	Resultaten ten aanzien van de verbetering van het bemestingsadvies en uitvoering van cultuurmaatregelen.	183
14.4	Gewenste verbetering in de uitvoering van het proefplekkenonderzoek	186
14.5	Plaats van het proefplekkenonderzoek bij een meerjarig tuinbouwgewas	187
15	CONCLUSIES	189
	SAMENVATTING	191
	SUMMARY	198
	LITERATUUR	203
	BIJLAGEN/ <i>Appendices</i>	207

Voorwoord

Hooggeleerde Schuffelen, hooggeachte promotor, voor Uw leiding bij het ordenen van de resultaten tot een proefschrift ben ik U zeer erkentelijk. Vriendschappelijk en met humor hebt U getracht mij voor dwaalwegen te behoeden.

Hooggeleerde Corsten, U dank ik voor het doornemen van de eerste hoofdstukken. U maakte mij ervan bewust, hoe moeilijk het is scherp te formuleren.

Zeergeleerde Pijls, U gaf met Ir. Slits de stoot tot dit onderzoek, waarvoor ik hier mijn dank betuig.

Hooggeachte Bruin, voor de gelegenheid dit onderzoek af te sluiten ben ik U dankbaar. U en Dr. Rowaan hebben mij veel geleerd over het schrijven van artikelen.

Zeergeleerde Ferrari, jou ben ik dank verschuldigd voor de vele discussies over de proefplekkenmethode. Ook jij, waarde Venekamp, was in deze mij tot steun.

Zeergeachte Gersons, de zeer goede samenwerking met U had ons op het spoor kunnen brengen van de oorzaak van de moeilijkheden bij de verwerking van aardbeien. Dit heeft niet zo mogen zijn. Mijn dank voor Uw spontane medewerking en voor Uw toestemming tot publicatie van het resultaat.

Geachte De Bakker, voor het inpassen van de proefplekken in de kaarteenheden betuig ik U mijn dank.

Zeer velen hebben mij terzijde gestaan bij de uitvoering van het onderzoek: medewerkers van het Rijkstuinbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden te Wageningen, van de Rijkstuinbouwvoorlichtingsdienst te 's Hertogenbosch, medewerkers van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen. Het zij mij vergund U allen niet bij name te noemen. Zonder Uw medewerking was dit werk niet tot een goed einde gebracht. De twijfel hieraan zal zeker bij U zijn opgekomen, van dorst versmachtend in de hitte bij het aardbeiplukken. U allen ben ik veel dank verschuldigd.

Waarde Das, met niet versagende energie ging je op jacht naar de laatste ontbrekende cijfers. Het uitzoeken van de vele proefplekken met Th. L. van der Heyden, J. W. J. Loeters en A. F. C. M. Schellekens was een grote taak. Het is mij een genoegen op deze plaats mijn dank te mogen betuigen. Voor de accurate profielbeschrijving ben ik H. J. Hulshof† en Th. L. A. Zegers veel dank verschuldigd.

Voor het gereed maken van de eindredactie ben ik dank verschuldigd aan Dr. Rowaan en aan Dr. Meijer Drees en de Heer Lueks van het Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie. Evenzo aan mr. Rigg voor het samenstellen van de summary.

Men kan hiervoor een *werkmodel* ontwerpen. Dit model is dan uitgangspunt voor een wiskundige beschrijving van de relaties. Daarbij moet een beslissing worden genomen over het aantal en de vorm van de vergelijkingen. *De wiskunde doet echter over de gevonden samenhang geen uitspraak over oorzaak en gevolg.*

Op basis van kennis van gewas en grond moet daarna beoordeeld worden, of de gevonden relaties berusten op de invloed van de ene factor op de andere, en of ze stroken met de vooraf gestelde hypothesen. Indien zij niet hiermee overeenkomen, dan moeten zij achteraf landbouwscheikundig aannemelijk gemaakt worden.

Om bepaalde hypothesen over de invloed van zekere voedingselementen op het gewas te ondersteunen kunnen tegelijkertijd met het uitvoeren van het proefplekkenonderzoek eenvoudige bemestingsproeven worden aangelegd. De hiermee verkregen inzichten kunnen steun verlenen bij de statistische analyse van het proefplekkenmateriaal.

1.3 Aanleiding tot het onderzoek

Bij het begin van het onderzoek waren reeds vele gegevens beschikbaar over de voedingsbehoefte van de aardbei. De praktische voorlichter stond echter voor het probleem, in hoeverre de grond chemisch en fysisch aan de voor een redelijke cultuur te stellen eisen voldeed. Het chemische bodemvruchtbaarheidsonderzoek, zoals dit ontwikkeld is door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, berustte op de reactie van landbouwgewassen. Door middel van bemestingsproeven in de tuinbouw, wisselend in aantal al naar de belangrijkheid van het teeltcentrum en de belangstelling van de desbetreffende Rijkstuinbouwconsulent, waren de voor de landbouwgewassen ontwikkelde normen getoetst voor tuinbouwgewassen (VAN DER BOON, 1960).

Bij het opstellen van het bemestingsadvies aan de hand van chemisch grondonderzoek voor de aardbei heerste echter onzekerheid over de vraag, of men hiermee wel op de juiste weg was. Men vroeg zich bovendien af, in hoeverre het bemestingsadvies nog moest en (als gevolg van resultaten van proefnemingen) nog kon worden afgestemd op de onderscheiden bodemtypen.

De vraag werd toen gesteld of een direct op een meerjarig tuinbouwgewas gericht proefplekkenonderzoek op snelle wijze inzicht zou kunnen verschaffen in de eisen, die de aardbei voor zijn voeding aan de grond stelt om zo het bemestingsadvies te kunnen verbeteren.

1.4 Voorgaande onderzoekingen met de proefplekkenmethode

Door FERRARI (1952) werd met aardappelen met succes een proefplekkenmethode toegepast op stroomrugggrond in de Betuwe. Eén gewas werd hierbij gedurende één seizoen op één bodemtype bestudeerd. VISSER (1948, 1950, 1952) beschrijft goede resultaten van het proefplekkenonderzoek bij meerjarige gewassen, o.a. bij aardbei,

kers en pruim, en kon een samenhang tussen de ontwikkeling van het gewas en de diepte van de grondwaterstand en de schommelingen daarin aantonen.

In 1948 en 1949 werden gegevens verzameld bij tuinbouwgewassen, te weten bij de appel in Zeeland, westelijk Noord-Brabant en Betuwe, bij de tomaat en de druif in het Westland en bij de tulp in de bloembollenstreek van Zuid-Holland (VAN DER BOON, 1952-1961). De waarnemingen bij de appel in Zeeland en westelijk Noord-Brabant werden tot 1953 voortgezet. Over het algemeen waren de verkregen resultaten onvoldoende om een betere basis voor een bemestingsadvies te krijgen. Als oorzaken werden hiervoor aangewezen dat het aantal proefplekken per gewas, gezien hun spreiding over vele grondsoorten en bodemtypen, te klein was en dat de ontwikkeling van het gewas gekarakteriseerd werd door standwaarnemingen uitgevoerd door verschillende personen van de Rijkstuinbouwvoorlichtingsdienst in diverse resorts, wat niet bevorderlijk bleek voor de uniformiteit van de beoordelingen.

Het met proefplekken uitgevoerde onderzoek bij de appel Jonathan M XVI in Zeeland en westelijk Noord-Brabant op zeelei en duinzandgrond was het meest uitgebreid. De waarnemingen werden zes jaren voortgezet (VAN DER BOON EN BUTIJN, 1959, 1961). De opbrengst van vijf bomen werd elk jaar door wegen bepaald. Er werden geregeld waarnemingen verricht over het optreden van gebreksverschijnselen, aantasting door ziekten en de diepte van de grondwaterstand. De variantie van de opbrengst (gemiddeld over vier jaren) kon echter voor slechts 10% verklaard worden door de variatie in de waargenomen bodemfactoren. Bij de wiskundige bewerking waren bovendien de gegevens van de boomgaarden op duinzandgrond nog buiten beschouwing gelaten. Ter verklaring van dit lage percentage moet vooral bij vruchtbomen worden bedacht, dat de ontwikkeling van de plant zich over een lange periode uitstrekt. Vele factoren kunnen deze ontwikkeling hebben beïnvloed, zonder dat dit in de jaren van het onderzoek uit te maken is. Door een ernstige meeldauw-aantasting kan bijv. de groei van de appelboom ernstig geleden hebben; na enige jaren kan de boom weer gezond zijn geworden, maar de teweeggebrachte achterstand in ontwikkeling zal tijdens het onderzoek worden waargenomen zonder dat de oorzaak bekend is. De boomgaard kan in de voorafgaande periode ook van eigenaar of bedrijfsleider gewisseld zijn, en daardoor van slechte naar goede verzorging of omgekeerd zijn overgegaan, zonder dat hierover gegevens bekend zijn of waarnemingen dit in een cijfer kunnen uitdrukken. Bovendien strekte dit onderzoek zich uit over een betrekkelijk groot gebied met diverse teeltcentra, waarbij te verwachten was, dat de verzorging van de boomgaarden niet overal volgens dezelfde opvattingen en op hetzelfde peil was geschied. De gronden in westelijk Noord-Brabant zullen, hoe goed en hoe nauwkeurig ook tijdens de profielstudie gekarakteriseerd, niet geheel in hun verschillen qua profielopbouw t.o.v. die op de Zeeuwse eilanden zijn vastgelegd.

1.5 Een nieuw proefplekkenonderzoek bij een meerjarig tuinbouwgewas

De teleurstellende resultaten uit voorgaande onderzoeken volgens de proefplekkenmethode bij tuinbouwgewassen verkregen, en de vermoede oorzaken daarvan, noopten tot een nieuwe opzet om de merites van het proefplekkenonderzoek voor de tuinbouw opnieuw en meer systematisch te bestuderen. Om de onder 1.4 genoemde redenen werd daartoe een één jaar oude aardbei (ras Jucunda, voorjaar 1954 uitgeplant) gekozen, en wel in de gemeente Zundert.

Vergeleken met de vorige proeven had de nieuwe de volgende voordelen:

1. Een ras van dezelfde ouderdom.
2. Een niet te intensief geteeld gewas met matige bemesting, zodat ten aanzien van de chemische bodemvruchtbaarheid een ruime spreiding bij de verschillende bodemfactoren te verwachten was.
3. Een grondsoort, te weten zandgrond, binnen een vrij beperkt gebied, in één Rijkstuinbouwconsulentschap onder leiding van één rayonassistent, onder vergelijkbare weersomstandigheden.
4. De schattingen van bepaalde bodemfactoren bij de profielbeschrijvingen stonden onder leiding van twee ervaren bodemkundige assistent-specialisten, waarbij vooraf een voldoende aantal profielen gezamenlijk was beschreven om tot een zo uniform mogelijke waardering te komen. De schattingen aan het gewas werden door drie of vijf groepen van minstens twee man, die tevoren ook samen waren geïnstrueerd, in zo kort mogelijke tijd (1-3 dagen) uitgevoerd.
5. De opbrengsten werden door plukken van de vruchten bepaald, de wegingen werden centraal verricht en de beoordeling van de kwaliteit van de vruchten naar grootte en vorm werd door een kleine groep van steeds dezelfde personen uitgevoerd.
6. De proef werd op uitgebreide schaal opgezet, waarbij tevens met behulp van eenvoudige bemestingsproeven de invloed van de afzonderlijke voedingselementen werd bestudeerd.

2 Beschouwingen over de proefplekkenmethode

In het volgende zullen beschouwingen gewijd worden aan de proef zonder ingreep ten opzichte van die met ingreep, de eisen te stellen bij het verzamelen van het materiaal, de selectie van de van belang zijnde factoren en het vaststellen van de relaties tussen de ontwikkeling van het gewas en de eigenschappen van de grond.

2.1 Vergelijking van de opzet van proefplekken en proefvelden

Om op het veld na te gaan of, en zo ja in welke mate een gewas bijv. een bepaalde bemesting nodig heeft, kan men o.a. proefvelden aanleggen of proefplekken uitzetten.

Op proefvelden heeft men de (te variëren) bemesting in de hand, terwijl de andere factoren die het gewas beïnvloeden in zijn groei en opbrengst zo veel mogelijk gelijk worden gehouden. De samenhang tussen de reactie van het gewas en de in onderzoek genomen factor wordt echter tot op zekere hoogte verstoord door de variabiliteit van het gewas zelf en de ongelijkmatigheid van het proefveld, waaronder ook een plaatselijk verschillende beschikbaarheid van het onderzochte voedingselement. Door grondonderzoek aan het einde van de proef kan men deze variatie in beschikbaarheid van een element veroorzaakt door bodemvoorraad en bemesting beter in rekening brengen dan wanneer men alleen de gegeven bemestingshoeveelheden in verband brengt met de opbrengst (DE VRIES, 1937). De variabiliteit van het gewas kan van erfelijke aard zijn (genotype), hetgeen bij door ongeslachtelijke vermenigvuldiging verkregen plantmateriaal (bij goede selectie) geen rol speelt, of ze wordt mede veroorzaakt door verschillen in uitwendige omstandigheden, o.a. opkweek en uitplanten (fenotype).

Een proefveld geeft op zichzelf een zuivere en betrouwbare schatting van de reactie in opbrengst van het gewas op de factor, als het met een voldoende aantal trappen en herhalingen is aangelegd. Het resultaat is echter alleen vastgelegd bij een bepaald, constant niveau voor de andere factoren. Dat wil zeggen dat een generalisatie gevaarlijk is, daar een interactie met andere in de proef niet gevarieerde factoren niet uitgesloten mag worden. De verkregen opbrengstcurve bezit dus geen algemene geldigheid. Het zou daarom wenselijk zijn, dat proefvelden op elk onderscheiden bodemtype (op elke kaartenheid) worden aangelegd. Indien daarenboven binnen één bodemtype bepaalde factoren een grote variatie vertonen, zou een serie proefvelden vereist zijn om de invloed daarvan vast te stellen. De generalisatie van het

resultaat van één proefveld is des te gevaarlijker, naarmate de bodemtypen en de factoren binnen de typen meer verschillen.

Bij het proefplekkenonderzoek wordt op zoveel mogelijk bodemtypen met onderverdeling naar de variatie van factoren binnen de bodemtypen een perceel uitgezocht om daarop op een 'representatieve' plaats een proefplek aan te leggen. Hierbij wordt juist gebruik gemaakt van de variatie die in de natuur in de diverse factoren aanwezig is. De grote moeilijkheid hierbij is dat er vele variërende factoren tegelijk aanwezig zijn, terwijl deze bovendien vaak gekoppeld voorkomen, te weten een lage toestand voor één factor tegelijk met lage voor andere. Het materiaal voor het proefplekkenonderzoek moet dan ook zo verzameld worden, dat aan de volgende eisen is voldaan:

- a. Alle factoren die van invloed zijn, moeten goed worden waargenomen, geschat of beter nog, gemeten. Kennis van bodemkunde, landbouwscheikunde en eigenschappen van het bestudeerde gewas moet van te voren aangeven, welke factoren dienen te worden vastgelegd tijdens de waarnemingen. Ook het inzicht dat tijdens de veldwaarnemingen wordt verkregen, kan leiden tot de waardering van niet eerder onderkende factoren.
- b. De factoren dienen zodanig gekozen te worden dat ook lage en hoge waarden in voldoende mate voorkomen, om het verband tussen deze factoren en de opbrengst goed te kunnen bepalen. Dergelijke percelen waarbij tevens wordt voldaan aan de volgende eis (c), zijn moeilijk in voldoende aantal te vinden.
- c. De factoren moeten onderling zo weinig mogelijk zijn gecorreleerd. Bij lage waarden van een factor moeten zowel lage als hoge waarden van de overige factoren in voldoende en even grote aantallen voorkomen. Men dient dus te streven naar een homogene frequentieverdeling, terwijl in de praktijk ongeveer een normale frequentieverdeling te verwachten is met de meeste waarnemingen om het gemiddelde, of een scheve verdeling, bijvoorbeeld als door menselijk ingrijpen naar een bepaalde toestand is gestreefd.

N.B. De in het proefplekkenmateriaal aanwezige frequentieverdeling is dus niet representatief te achten voor de desbetreffende streek. Uit de bewerking van het proefplekkenmateriaal moet blijken, in welke mate een bepaalde factor de opbrengst beïnvloedt. Door het ontbreken van een representatieve frequentieverdeling zal echter niet nauwkeurig kunnen worden geschat, hoe groot de schade in een bepaalde streek is als gevolg van een tekort of een overmaat van de desbetreffende factor.

De eisen b en c zijn nodig om de invloed van een bepaalde factor te kunnen vaststellen bij verschillende niveaus van de andere factoren. Zijn zulke factoren in het materiaal echter sterk gecorreleerd dan zal het vaststellen van hun afzonderlijke invloed op de opbrengst moeilijk, en bij volledige correlatie zelfs onmogelijk zijn.

Een bijzonder vraagstuk is de gezondheid van het gewas. Het is noodzakelijk hierover gegevens te verzamelen om de invloed van ziekten op de opbrengst te kunnen elimineren, teneinde de reactie van het gewas op de bodemfactoren beter te kunnen onderscheiden. Men zou daarbij in het veld een scheiding moeten maken tussen de waargenomen ziekteverschijnselen en de intensiteit van de ziekteverwekkende factor.

Gezonde planten die door een ziekte overvallen worden, kunnen meer weerstand bieden dan planten die minder weerstandskrachtig zijn door de een of andere factor, die in het minimum verkeert. Anderzijds zijn er gevallen bekend, waarin goed gevoede planten meer te lijden hebben door insectenplagen dan matig gevoede (Post, 1958). De vaststelling van de hevigheid van een ziekte aan het uiterlijk van het gewas kan daarom geen correcte maatstaf zijn voor de besmettingsgraad van het milieu, omdat hierin tevens betrokken is het gevolg van de ziekte voor de plant, beïnvloed onder meer door variatie in bodemfactoren.

Een tweede moeilijkheid bij het uitzoeken van de percelen is de beoordeling van hun verzorgingsgraad. In het algemeen zullen bij een goede verzorging alle gewenste cultuurmaatregelen getroffen zijn op het gebied van ziektebestrijding, onkruidbestrijding, bodemverzorging, ontwatering, beregening, bemesting en kwaliteit van het plantmateriaal. Het zal niet mogelijk zijn deze factoren bij het uitzoeken van de percelen geheel te ontkoppelen. Bij meerjarige gewassen moet de waarneming zich over meer jaren uitstrekken. Zo was in dit onderzoek niets bekend over de verzorging van de aardbeien in het jaar van het planten. In dat jaar, waarin de plant nog niets opbrengt, is de verleiding groot minder zorg aan de teelt te besteden, iets waaraan minder goede tuinders eerder zullen toegeven. In het tweede jaar, dat van de pluk, worden de velden veel beter verzorgd, onder meer ten aanzien van de bestrijding van het onkruid, dat het gewas in zijn behoefte aan vocht en voeding ernstig kan benadelen. Het opnemen van een schattingscijfer voor de verzorging in de bewerking van het proefplekkenmateriaal kan het voordeel hebben, dat opbrengstverschillen veroorzaakt door moeilijk te meten 'verzorgingsfactoren' worden geëlimineerd, maar houdt het gevaar in, dat door hoge onderlinge correlaties de invloed van bodemfactoren wordt afgevlakt.

Zowel proefvelden als proefplekken zouden voor meer jaren moeten worden aangelegd, om een generalisatie mogelijk te maken in verband met de wisselwerking van bodemfactoren met weersinvloeden. De proefvelden zouden deels éénjarig, deels meerjarig moeten zijn, het laatste om de verandering in de bodemvruchtbaarheid onder invloed van de bemesting te kunnen bepalen. Bij meerjarig onderzoek zouden dezelfde proefplekken gehandhaafd kunnen blijven. Nieuwe proefplekken zouden elk jaar echter gewenst zijn in verband met eventuele steekproeffouten. Vruchtwisseling zal daartoe vaak noodzaken. Verandering van proefplekken bemoeilijkt echter de beoordeling van de wisselwerking met weersinvloeden.

2.2 Vergelijking van de resultaten van proefplekken en proefvelden

FERRARI (1960) heeft uiteengezet dat de resultaten van proeven met ingreep (proefvelden) en zonder ingreep (proefplekken) principieel niet in waarde verschillen; de opvatting, dat aan de eerste werkwijze wetenschappelijke voordelen zijn verbonden boven de tweede, moet onjuist worden geacht. Het trekken van conclusies lijkt voor

een proef met ingreep vaak gemakkelijker, omdat veel minder factoren variëren dan bij een proef zonder ingreep. Het resultaat van een proef met ingreep kan echter, net zoals dat van een proef zonder ingreep, een gestelde hypothese wel waarschijnlijker maken, maar bewijst deze evenmin. De ingreep kan volgens een ander mechanisme werken dan men zich heeft voorgesteld; herhaling van de proef kan weer hetzelfde resultaat opleveren, maar leidt niet tot een dieper inzicht in het gestelde probleem.

Bij proeven zonder ingreep wordt gebruik gemaakt van de in de natuur aanwezige variatie om de invloed van bepaalde factoren te onderzoeken. De resultaten tonen niet aan, dat deze invloed er werkelijk is, al wordt deze, ten onrechte, soms a posteriori verondersteld aanwezig te zijn.

De proef zonder ingreep staat zwakker, als de onderzochte factor gecorreleerd is met andere, zodat men niet onomstotelijk kan vaststellen, welke van deze factoren werkelijk de reactie van het gewas beïnvloed heeft (schijnrelatie). Maar ook bij een proef met ingreep kan het trekken van conclusies bemoeilijkt worden doordat andere factoren dan de proeffactor mede een verandering ondergaan. In het proefplekkenonderzoek, als proef zonder ingreep, zijn inderdaad vele factoren aanwezig, die het effect van voor de opbrengst van belang zijnde factoren versluieren. Dit maakt de kans op het toekennen van een invloed aan een niet ter zake doende factor groter. Bovendien is het statistisch betrouwbaar bevestigen van de gevonden relaties vaak niet mogelijk door de grote restvariantie.

2.3 Het vaststellen van relaties tussen ontwikkeling van het gewas en eigenschappen van de grond

In het proefplekkenonderzoek wordt gebruik gemaakt van de inzichten o.a. verworven door het uitvoeren van laboratorium-, pot-, en veldproeven. Deze proeven hebben tot nu toe onvoldoende inlichtingen gegeven over de vorm van de opbrengstkromme. Er worden in de literatuur verschillende mathematische formuleringen vermeld, waarvan die van Mitscherlich de grootste bekendheid geniet. Daar een biologische fundering hiervan niet overtuigend aanwezig is (LINSER, 1957), biedt het geen voordelen in het plekkenonderzoek de variatie van de opbrengst in samenhang met een bepaalde factor volgens een mathematische formule te beschrijven. Daarom worden de curven achteraf met de hand door de verkregen puntenzwermen getrokken. Men gaat uit van de in de proeven met ingreep verkregen denkbeelden over het te verwachten reactiepatroon. Men neemt daarbij steeds een continu verloop aan, en wel een rechte lijnig verband, een verzadigingscurve of een optimumcurve. Wil het verantwoord zijn van een rechte lijnig verband af te wijken, dan moet de stippenzwerm duidelijk een kromlijnige samenhang aangeven. De condities in het veld zijn meestal nog te ingewikkeld om van te voren op basis van landbouwscheikundige kennis aan te geven welke reactiecurve het meest waarschijnlijk is.

3 Bewerking van gegevens afkomstig van proefplekken

3.1 Voorafgaande bewerking

3.1.1 Bewerking van de resultaten van eenvoudige bemestings- en bespuitingsproefvelden

Proefvelden waren aangelegd op percelen, geselecteerd naar toenemend gehalte van de bodem aan fosfaat, resp. kalium en magnesium. De overige factoren weken zo weinig mogelijk af van het gemiddelde van de streek.

De gegevens van de proefvelden werden bewerkt om na te gaan hoe de samenhang was tussen de reactie van het gewas op de toediening van fosfaat, kalium, magnesium of koper en het gehalte van de grond aan het desbetreffende element, bepaald volgens de gebruikelijke methode (DE VRIES en DECHERING, 1960). De invloed van meer factoren tegelijk op de reactie van het gewas werd niet onderzocht, zodat niet was vast te stellen of er nog wisselwerkingen tussen de factoren voorkwamen. De selectie naar toenemend gehalte van de bodem aan fosfaat, resp. kalium en magnesium doet verwachten, dat hiermee een zekere parallelliteit ontstaat met een rangschikking van lage gehalten op jonge ontginningspercelen naar hoge op oudere terreinen die reeds lang in cultuur zijn. Andere chemische bodemfactoren zullen dus ook een hoog niveau vertonen bij hoge P-citr-cijfers. Men kan stellen dat de behoefte aan de onderzochte factor eerder groter is dan lager in het verband van een harmonische voeding. Dit heeft tot gevolg dat de reactie op de bemesting bij hoge fosfaat- of kalicijfers eerder zal zijn over- dan onderschat. Voor de verbetering van het bemestingsadvies is het gewenst een juist inzicht te krijgen in de reactie van de plant bij hoge niveaus van de bodemvruchtbaarheidsfactoren.

De verkregen resultaten moesten voor het proefplekkenmateriaal vaststellen of van een afzonderlijke werking van fosfaat en kali sprake was en hoe de reactiecurven zouden zijn. Deze beide factoren zouden volgens het vooronderzoek een behoorlijke correlatie vertonen en dus moeilijk te scheiden zijn in hun afzonderlijke invloeden. Hoe de aardbei op magnesium reageert, was onvoldoende bekend uit gegevens van proefvelden. Daarom was het gewenst tot een reactiecurve te komen door bespuitingsproeven met magnesiumsulfaat. De vele ontginningsgronden aangetroffen tijdens de veldstudie, deden het vermoeden rijzen, dat mogelijk latent kopergebrek aanwezig zou zijn.

3.1.2 Discontinue variabelen

In een voorafgaande bewerking van het materiaal werden enige discontinue variabelen bestudeerd, te weten het gebruik van al of niet geselecteerd plantmateriaal en de vruchtwisseling op het perceel. De bedoeling was, bij duidelijk aanwijsbare invloed van deze het proefplekkenmateriaal daarop te corrigeren. Hierbij zou moeten worden aangenomen dat de invloed van selectie resp. vruchtwisseling niet was gekoppeld met andere factoren en dat er geen interactie aanwezig was met andere factoren. Het eerste is echter niet uitgesloten: op nieuwe, pas ontgonnen percelen werden vaak goed geselecteerde partijen aangetroffen, op de wat oudere percelen minder geselecteerde. Rondom de dorpskernen daarentegen, waar de vruchtwisseling meer te wensen over liet door jarenlange aardbeienteelt, was vaak weer meer goed uitgangsmateriaal aanwezig. Selectie en vruchtwisseling vertoonden, naar het gevoel van de onderzoeker, inderdaad een koppeling: goed geselecteerd plantmateriaal op de nieuwste percelen en op de oudere percelen met slechte vruchtwisseling, minder goed geselecteerd materiaal op de overige percelen. Op de oude percelen wordt het nadeel van slechte vruchtwisseling zo goed mogelijk opgeheven door het gunstige effect van een goede selectie.

Bij de bewerking van de gegevens bleek, tegen de verwachting in, de invloed van beide factoren niet zo groot te zijn dat een correctie van de opbrengst van de proefplekken noodzakelijk geacht moest worden.

3.2 Correlatieberekening

Om inzicht te krijgen in de samenhang tussen de waarnemingen aan het gewas, de bodemfactoren onderling en die tussen de componenten van deze twee complexen, werd een matrix van produktmoment-correlatiecoëfficiënten berekend. Deze coëfficiënt is een maat voor de grootte van de lineaire samenhang tussen de factoren en wordt bepaald door het produkt van de afwijkingen ten opzichte van de gemiddelden:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x-\bar{x}) (y-\bar{y})}{\sqrt{[\sum (x-\bar{x})^2] [\sum (y-\bar{y})^2]}}$$

(waarin r_{xy} = produktmoment-correlatiecoëfficiënt, $\bar{x} = \sum x/n$, $\bar{y} = \sum y/n$ en \sum = som).

Indien in werkelijkheid het verband kromlijinig is, wordt de samenhang op deze wijze onderschat. Daar het onderzoek volgens de plekkenmethode in de eerste plaats betrekking had op een verklaring van de variatie in opbrengst aan de hand van de waargenomen bodemfactoren, werden de opbrengstgegevens via de elektronische rekenmachine in tweedimensionale frequentietabellen tegen de bodemfactoren uitgezet om te zien of de verbanden recht- of kromlijinig waren. In het laatste geval

werd door transformatie van de gegevens van de bodemfactoren een kromlijnige samenhang omgezet in een rechte lijnige. Transformatie bleek echter slechts voor twee factoren noodzakelijk, namelijk P-citr en vochtcapaciteit (pF 2,0 — pF 4,2 vol. %); de nieuwe schaal was een logaritmische.

Alvorens de correlatiecoëfficiënten te berekenen, werden de frequentieverdelingen van de variabelen onderzocht op te sterk afwijkende waarden. Het is bekend, dat de grootte van de correlatiecoëfficiënt in hoofdzaak bepaald wordt door de ver van de gemiddelden liggende punten, gezien de formule met $\Sigma(x-\bar{x})$ en $\Sigma(y-\bar{y})$. Indien de extreme waarden veroorzaakt zijn door abnormale omstandigheden zoals bemonsteringsfouten, analysefouten e.d. of afkomstig zijn van afwijkende, weinig voorkomende bodemtypen, moeten ze uit het materiaal verwijderd worden. Anders zou een correlatiecoëfficiënt worden berekend, die weinig typerend is voor de rest, d.w.z. het grootste deel van het proefplekkenmateriaal. Het is niet eenvoudig vast te stellen, of een extreme waarde wel of niet tot de frequentieverdeling gerekend moet worden. Bij de bestudering van de frequentieverdelingen bleken de meeste extreme waarden afkomstig te zijn van afwijkende bodemtypen, en wel die met veen in de ondergrond en met hoge humus- en leemgehalten in de bouwvoor. De gegevens van deze proefplekken werden uit het materiaal verwijderd.

Daar bij de verzameling van de gegevens is geselecteerd naar de grootte van de factoren, geven de berekende steekproefcorrelatiecoëfficiënten geen zuiver beeld van de correlatiecoëfficiënten van de gehele populatie.

3.3 Nadere studie van de correlatiematrix

Na berekening van de correlatiematrix werd onderzocht, welke factoren in het materiaal een nauwe samenhang vertoonden. Doel hiervan was vast te stellen, of een bepaalde factor van belang geacht in verband met zijn invloed op de opbrengst, geen sterke samenhang vertoonde met andere factoren. Bij zulke gevallen is het moeilijk zonder meer aan te geven, welke van die samenhangende factoren als de meest waarschijnlijk causale factor moet worden beschouwd. Het blijft trouwens altijd mogelijk, dat een factor die de opbrengst beïnvloedt niet in het onderzoek is betrokken, terwijl hij toch wel gecorreleerd is met een gemeten factor; men zou de laatste in dat geval ten onrechte als de van invloed zijnde factor kunnen aanwijzen.

Er werden twee methoden toegepast om dit inzicht te verkrijgen, namelijk de groeppenanalyse en de gewijzigde factoranalyse.

3.3.1 Groeppenanalyse

De methode van de groeppenanalyse (THOMSON, 1951) bestaat hierin dat men in de correlatiematrix die variabelen opzoekt, die onderling een correlatiecoëfficiënt bezitten die een bepaalde waarde overschrijdt. In dit onderzoek werd 0,40 als grenswaarde aangenomen. Deze grens ligt aanmerkelijk hoger dan de waarde die volgens

statistische berekening moet worden toegekend om de correlatiecoëfficiënt betrouwbaar van nul (= geen lineaire samenhang) te kunnen onderscheiden. Bij een aantal gegevens even groot als in dit onderzoek bedraagt deze waarde in normaal verdeeld, aselekt materiaal maar 0,11 bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van $P = 0,05$. Een zo lage correlatiecoëfficiënt zegt echter nog weinig over de lineaire samenhang tussen twee factoren. Daarom werd overigens willekeurig een correlatiecoëfficiënt van 0,40 genomen, omdat indien de verdeling van de variabelen een normale is, tenminste 16 % ($0,40^2 \times 100\%$) van de variantie in de ene factor samengaat met die van de andere factor.

In de correlatiematrix waren vele groepen van factoren te onderscheiden die naar hun aard bij elkaar behoorden. Daar echter de correlatiecoëfficiënten tussen enkele factoren de grens van 0,40 niet bereikten, konden deze groepen niet tot één grote groep worden verenigd. In dergelijke gevallen werd het begrip 'hoofdgroep' ingevoerd die deze 'subgroepen' omvatte.

De groepenanalyse geeft een overzicht van complexen van onderling samenhangende factoren, waarbij de kleinste groep wordt gevormd door een hoge correlatie tussen twee factoren. Op deze wijze is snel overzicht te krijgen van het materiaal, zonder dat een uitspraak wordt gedaan over onafhankelijke (x) en afhankelijke (y) variabelen en over het wel of niet causaal zijn van de gevonden verbanden. Met andere woorden: de groepenanalyse heeft slechts tot doel verbanden tussen factoren aan te wijzen; ze vormt een inleiding tot de keuze van factoren uit de complexen die gedaan wordt bij de verdere bewerking van het materiaal voor de verklaring van de variatie in de opbrengst en in de andere eigenschappen van het gewas.

3.3.2 Gewijzigde factoranalyse (aspectenanalyse)

In de factoranalyse wordt gepoogd het grote aantal variabelen terug te brengen tot enkele gemeenschappelijke factoren die de onderlinge relaties voor een groot deel beschrijven (THURSTONE, 1953; THOMSON, 1951). Men onderzoekt bij de bewerking het simultane gedrag van de variabelen, waarbij men a priori geen onderscheid maakt tussen onafhankelijke en afhankelijke factoren.

De factoranalyse is afkomstig uit de psychologie. Bij het onderzoeken van personen bleken sommige tests een sterke correlatie in hun uitkomsten te vertonen. Men nam daarna aan, dat deze uitslag op een gemeenschappelijke factor berust die niet gemeten kon worden, maar die de basis vormde voor de gemeenschappelijke reactie. In de psychologie streeft men ernaar, iedere test te beschrijven als een lineaire vergelijking van de gemeenschappelijke factoren en de specifieke factor, eigen aan de test:

$$Z_j = a_{1j} F_1 + a_{2j} F_2 + \dots + a_{mj} F_m + a_{sj} F_s.$$

Z_j = de j_{de} test; $F_1 \dots F_m$ = gemeenschappelijke factoren; F_s = specifieke factor; $a_{1j} \dots a_{sj}$ = factorladingen.

ranalyse werd ook reeds in de landbouw toegepast (VAN DER BOON, 1955, 1959, 1961; FERRARI c.s., 1957; HAMMING c.s., 1961 en POSTMA c.s., 1960).

De eerste fase van de bewerking wordt wel de componentenanalyse op de correctrix uitgevoerd; men kan daarvan de volgende ruimtelijke beschouwing geven (VAN DER BOON, 1960). Op N proefplekken zijn n factoren ($= n$ variabelen) waargenomen. De assen van de N proefplekken worden eerst uitgezet gedacht in een n -dimensie ruimte met n loodrecht op elkaar staande coördinaten. Vervolgens wordt bij componentenanalyse een nieuw loodrecht coördinatenstelsel ingevoerd. Men kan voor dit nieuwe coördinatenstelsel dezelfde oorsprong als voor het oude. Het kan ook de ligging van de nieuwe assen worden als volgt gevonden. Indien de variabele een samenhang vertonen, zal de vorm van de stippenzwerm een meerdimensiebol, een hyperbol zijn. Bij sterke bindingen tussen de factoren zal de stippenzwerm een hyper-ellips zijn met verschillende lange assen. De ligging van de eerste hoofcomponent (van het nieuwe coördinatenstelsel wordt zo gekozen) overeenstemt met de langste as van de hyper-ellips.

Daarna wordt in het $(n-1)$ e hypervlak de volgende langste as van de hyper-ellips met dimensie $n-1$ opgezocht, waardoor zo goed mogelijk de tweede as ($=$ tweede hoofcomponent) van het nieuwe coördinatenstelsel wordt gelegd. De bewerking wordt op analoge wijze voortgezet tot m assen ($= m$ componenten), en wel zolang totdat de lengte van de laatste berekende as ($= m - de component$) tot een bepaalde, net nog van belang geachte waarde is gedaald.

De componentenanalyse geeft nu een schatting van de grootte van de ruimte van de gemeenschappelijke factoren. Daarbinnen kunnen vervolgens door iteratie de gemeenschappelijke factoren worden bepaald en de daarbij behorende factorladingen.

In de factoranalyse wordt niet met deze bewerking volstaan, maar wordt nog een assendraaiing van het m assen bevattende coördinatenstelsel toegepast. De assendraaiing dient om tot een betere interpretatie van het materiaal te komen. Hoe de draaiing wordt verricht hangt af van de inzichten van de onderzoeker. Zo is het van belang, in welke variabelen men is geïnteresseerd, bijv. in de afhankelijke variabele 'opbrengst'. Heeft de opbrengst slechts één hoge factorlading ($=$ hoge projectie van de opbrengstvariabele op de referentie-as voor de gemeenschappelijke factor) dan zijn er alleen duidelijke correlaties met de variabelen die in de desbetreffende gemeenschappelijke factor ook een hoge waarde bezitten. De opbrengst kan ook door meer complexen van factoren worden bepaald en in verscheidene gemeenschappelijke factoren duidelijke waarden bezitten.

De assendraaiing kan ruimtelijk aldus worden voorgesteld: de n variabelen worden uitgezet tegen het m coördinaten bevattende assenstelsel. Door draaiing van het assenstelsel worden de assen zodanig door de n punten gelegd, dat de projecties van één of van een groep variabelen op één as zo groot mogelijk en op de andere $m-1$ assen zo klein mogelijk zijn. Men kan deze assendraaiing uitvoeren terwijl de assen onderling loodrecht blijven staan, maar ook zo, dat de assen scheve hoeken met elkaar maken. De interpretatie van de zo verkregen 'eenvoudige' structuur (THURSTONE, 1953) is in het laatste geval gecompliceerder. De bewerking toont dan aan

dat een bepaalde variabele binnen een gemeenschappelijke factor gecorreleerd is met andere variabelen, en bovendien, dat zij een zekere samenhang bezit met andere complexen van variabelen.

In het onderhavige materiaal werd alleen de componentenanalyse uitgevoerd. Daarna werd een scheve assendraaiing gekozen op grond van de overweging dat de opbrengst in alle drie bepaalde componenten een niet te verwaarlozen waarde bezat¹. Het was bovendien niet onmogelijk dat twee componenten (= aspecten) ruimtelijk een samenhang vertoonden door de hoge factorladingen (= aspectwaarden) van enkele variabelen.

Nadat de componenten uit de correlatiematrix zijn berekend, is het nuttig de overblijvende waarden van deze matrix te bestuderen. Er kunnen nog vrij hoge correlaties onder voorkomen tussen enkele factoren die in de componentenanalyse niet meer tot een voldoende lengte van de component hebben geleid, omdat de overige correlaties van zeer geringe waarde zijn. Zo kan bijv. een bepaalde factor een behoorlijke 'rest'-correlatie met de opbrengst vertonen. Deze 'rest'-correlatie valt echter buiten de 'invloed' van de berekende aspecten.

In onderzoekingen met de aspectenanalyse op het Landbouwkundig Economisch Instituut (LIBERG en HAMMING, 1960) benoemt men de aspecten naar de variabele met de hoogste aspectwaarde. Het materiaal wordt daarbij voor elk afzonderlijk aspect verdeeld in vijf groepen van lage naar hoge waarde van de belangrijkste variabele. Men gaat dan na, hoe de andere variabelen bij deze klasse-indeling van grootte veranderen. Economische kennis moet de gevonden rangschikkingen als gevolg, oorzaak, schijnrelatie, bemonsteringsfout, of toevalsfout in het materiaal beoordelen. Bij de indeling van het verzamelde materiaal in klassen naar de belangrijkste variabele in een aspect wordt een correctie door middel van de regressieanalyse toegepast, als deze variabele ook nog in andere aspecten een belangrijke aspectwaarde bezit. De correctie wordt uitgevoerd voor de belangrijkste variabelen in die andere aspecten. Deze methode is alleen uitvoerbaar, als de aspectenanalyse een duidelijke, eenvoudige structuur vertoont, d.w.z. als in elk aspect slechts één of twee hoge aspectwaarden voorkomen en verder lage. Bij het onderhavige materiaal was dit niet het geval.

In het eigen onderzoek werd de gewijzigde factoranalyse (aspectenanalyse) als een tussenfase beschouwd voor de selectie van de factoren die met de opbrengst en andere eigenschappen van het gewas samenhangen, voor een controle op de onderlinge relaties tussen deze factoren, en voor de keuze daaruit.

¹ De beschreven werkwijze: 'Componentenanalyse met scheve assendraaiing' geeft een goede en wetenschappelijk gezien misschien een niet veel slechtere schatting van de gemeenschappelijke factoren, en is als een gewijzigde factoranalyse te beschouwen.

Om begripsverwarring te voorkomen tussen de termen gemeenschappelijke factoren, en factoren zoals kaligehalte en humusgehalte van de grond, worden in het vervolg de gemeenschappelijke factoren als aspecten en de factorladingen als aspectwaarden aangeduid, terwijl de bewerking zonder en met assendraaiing *aspectenanalyse* wordt genoemd.

3.4 Werkmodel van directe beïnvloeding

In het werkmodel van directe beïnvloeding worden de invloeden van bepaalde factoren, de onafhankelijke variabelen $x_1 \dots x_n$, verondersteld zonder onderlinge beïnvloeding van elkaar te werken op één factor, de afhankelijke variabele y . In het hierbij gekozen wiskundig model geeft de regressievergelijking de gemiddelde verwachtingswaarde (E) voor de afhankelijk variabele y bij gegeven waarden van de onafhankelijke variabelen x volgens de functie:

$$E(y, x_1 \dots x_n) = f(x_1 \dots x_n)$$

Men gaat er in het model van de directe beïnvloeding van uit, dat aan de berekende invloed van $x_1 \dots x_n$ op y een oorzakelijk verband ten grondslag ligt. In het proefplekkenmateriaal wordt het aangetoonde verband echter a posteriori gevonden. De causaliteit is in feite niet bewezen, maar aan de hand van begeleidende literatuurstudie en landbouwscheikundige kennis als waarschijnlijk verondersteld.

De regressielijn dient als 'voorspelling'. Zij geeft de gemiddelde waarde van y bij bepaalde waarden voor de x 'en. De 'toevalsfouten' worden hierbij geheel aan y toegeschreven. Indien y een normale toevalsverdeling heeft, kan voor de toetsing van de betrouwbaarheid van de regressiecoëfficiënten de t -tabel van STUDENT worden gebruikt. De waarnemingsfouten in x hebben tot gevolg, dat de hellingshoek van de berekende regressielijn kleiner is dan indien wel rekening wordt gehouden met deze fouten. Dit betekent dat in het algemeen de invloed op de afhankelijke variabele lager wordt geschat dan volgens het functionele verband, waarin wel met storingen in y en x rekening wordt gehouden (VAN UVEN, 1946). Het proefplekkenonderzoek vraagt echter een gemiddelde verwachtingswaarde voor de afhankelijke variabele bij een gegeven x , bijv. een gegeven cijfer van het grondonderzoek dat steeds door bemonsterings- en analysefouten kan afwijken van de 'ware' waarde. Daar de restvariantie in de opbrengst groot is, o.a. door de invloed van niet verklaarde factoren, wordt de waarnemingsfout in x naar verhouding vrij klein geschat, zodat de afwijking van de berekende regressielijn van de 'ware' lijn betrekkelijk klein zal zijn. Het materiaal van de proefplekkenmethode werd bewerkt, alsof x foutloos was ('verticaal middelen').

In het model van directe beïnvloeding neemt men aan dat de onafhankelijke variabele de afhankelijke variabele beïnvloedt in de mate, zoals door de regressiecoëfficiënt bij de gegeven schaaleenheden wordt voorspeld. Indien echter tussen 'onafhankelijke' variabelen zeer hoge correlaties voorkomen, kunnen de regressiecoëfficiënten een teken krijgen tegengesteld aan hetgeen op grond van landbouwscheikundig inzicht werd verwacht. Wel is de variantie in de opbrengst door het opnemen van bijv. twee hoog gecorreleerde factoren 'beter' verklaard, maar de ene factor kan daarbij volgens de verwachting een positieve samenhang met de opbrengst vertonen, terwijl de tweede (partiële) regressiecoëfficiënt door toevalsfouten wordt bepaald en zelfs een tegengesteld teken kan hebben. Zo werden bijv. bij berekening

van de regressie van het kaligehalte van appelblad op het kaligehalte van de grond in de opeenvolgende lagen 0-5, 5-10, 10-15 cm enz. afwisselend positieve en negatieve tekens voor de (partiële) regressiecoëfficiënten gevonden. Ter vermindering van dergelijke niet 'ware' regressiecoëfficiënten werden hoog gecorreleerde factoren niet in de regressievergelijking opgenomen. Hierbij werden de resultaten van de groepen- en de aspectenanalyse gebruikt als criterium voor de keuze van de factoren.

De keuze van de onafhankelijke factoren voor opname in de regressievergelijking werd als volgt uitgevoerd. Bij de aspectenanalyse van het materiaal werden complexen van variabelen aangetoond. Binnen een dergelijke groep van variabelen kan de opbrengst al of niet met een behoorlijke aspectwaarde vertegenwoordigd zijn. Wil men in de verdere bewerking van het materiaal de variantie in de opbrengst van het gewas zo veel mogelijk verklaren, dan moeten de aspecten met hoge aspectwaarden voor de opbrengst worden opgezocht. Indien in een bepaald aspect meer variabelen met hoge waarden naast de opbrengst voorkomen, zal op grond van landbouwscheikundige kennis een uitspraak moeten worden gedaan of het waarschijnlijk is dat deze variabelen de opbrengst inderdaad hebben beïnvloed. Na de keuze zal moeten worden nagegaan, of de onafhankelijke variabelen een niet al te hoge correlatie vertonen, daar anders de berekening van de meervoudige regressievergelijking 'niet zinvolle' regressiecoëfficiënten levert. Is de opbrengst in meer dan één aspect vertegenwoordigd, dan geeft de analyse aan, dat meer dan één gemeenschappelijke factor verantwoordelijk is voor de variatie in de opbrengst. Indien deze aspecten na de bewerking tot een 'eenvoudige' structuur niet meer loodrecht op elkaar staan, betekent dit dat ze met elkaar gecorreleerd zijn. Deze constatering kan van belang zijn bij de keuze voor het model van de bewerking; is het verantwoord het model van alleen directe beïnvloeding te gebruiken, of moet ook met indirecte beïnvloeding van de factoren rekening worden gehouden?

De waarden van de correlatiecoëfficiënten in de rest-matrix moeten eveneens bij verdere analyse van de variantie in de opbrengst worden beoordeeld.

3.4.1 Meervoudige rechtlijnige regressieberekening

In de meervoudige rechtlijnige regressieberekening wordt aangenomen, dat de relatie van de onafhankelijke enkelvoudige variabelen (binnen het bestaande traject) met de afhankelijke variabele rechtlijnig is, terwijl de eerstgenoemde factoren elkaar onderling niet beïnvloeden. Indien over de invloed van een beschouwde factor a priori slechts weinig bekend is, is het vaststellen van een positief of negatief verband met de mate van verandering reeds als een stap vooruit te beschouwen. Alleen als a priori bekend is dat de samenhang tussen afhankelijk variabele en onafhankelijk variabele kromlijnig is (optimumcurve of Mitscherlichcurve), is het geoorloofd een hogeregraadsvergelijking te berekenen, zonder dat dit a posteriori duidelijk uit de stippenzwerm blijkt. Een duidelijke a posteriori gevonden kromlijnige samenhang kan achteraf een berekening ervan rechtvaardigen.

Bij zwakke verbanden (zoals in dit proefplekkenmateriaal) en bij geringe kennis

over de invloed van bodemvruchtbaarheidsfactoren op bepaalde eigenschappen van het gewas (uitval, regelmaat van stand, kwaliteit van de vrucht) moet de bewerking beperkt blijven tot de berekening van meervoudige rechtlijnige regressieformules. Bij geringe kennis over deze eigenschappen van het gewas suggereren de berekende regressiecoëfficiënten een invloed van bepaalde bodemfactoren die door verder onderzoek op causaliteit moet worden getoetst.

Bij de berekening van de multiële regressievergelijkingen werd als volgt te werk gegaan. Allereerst werden die factoren uitgekozen, welke een statistisch betrouwbare correlatie met de beschouwde factor y_k van het gewas vertoonden. Aan de hand van de correlatiematrix en na bestudering van de groepen- en aspectenanalyse werd daarin een selectie toegepast, zodat alleen die factoren over bleven, welke onderling slechts een matige correlatie vertoonden en volgens landbouwscheikundig inzicht en literatuurgegevens een eigen invloed zouden kunnen hebben uitgeoefend op de eigenschap y_k . Bij de berekening van de meervoudige rechtlijnige regressie werd slechts een beperkt aantal variabelen opgenomen die als volgt werden uitgezocht. Uitgaande van de na de selectie overgebleven correlatiematrix werd eerst de regressie berekend van y_k op die variabele x_i van de gekozen x 'en, die met y_k de hoogste correlatiecoëfficiënt vertoonde. Na 'eliminatie' van de invloed van x_i op y_k werd nagegaan, welke onafhankelijke variabele x nu nog de hoogste partiële correlatie vertoonde met y_k . Deze variabele werd dan in de regressieberekening opgenomen. Op deze wijze werd een rangorde verkregen van variabelen, die in steeds mindere mate met de eigenschap y_k correleerden en waarbij de invloed van de voorafgaande variabelen successievelijk is geëlimineerd.

De op deze wijze geselecteerde factoren behoeven niet dezelfde te zijn als die welke de eigenschap van het gewas in werkelijkheid beïnvloeden. Dit kan het gevolg zijn van de volgende oorzaken. Indien twee bodemfactoren x_i en x_j een correlatie vertonen, bijv. door gelijktijdige afzetting van het bodemmateriaal, zal na eliminatie van de invloed van x_i op y_k ook een deel van de invloed van x_j kunnen verdwijnen en daardoor de rangorde verstoren. Ook toevallige afwijkingen in de correlaties tussen de variabelen y_k, x_1, \dots, x_n kunnen in een nieuwe steekproef (een nieuw proefplekkenonderzoek) een andere rangorde geven. De bestudering van het resultaat van de aspectenanalyse komt aan het eerste bezwaar tegemoet door zo goed mogelijk de van invloed zijnde factor uit een complex van samenhangende variabelen te kiezen. De berekening van de multiële rechtlijnige regressievergelijking werd voortgezet, totdat vijf onafhankelijke variabelen waren opgenomen of de partiële correlatiecoëfficiënten niet meer statistisch betrouwbaar van nul afweken. Daar hier sprake is van een selectie van factoren, moet de eis voor statistische betrouwbaarheid hoger worden gesteld dan bij een onbetrouwbaarheidsdrempel $P = 0,05$. Gezien de geringe kennis over de invloeden op de eigenschappen van het gewas werd het niet verantwoord geacht meer dan vijf variabelen in de regressieberekening op te nemen, daar dan het teken en de grootte van de regressiecoëfficiënt steeds meer van de 'ware' grootte kunnen afwijken. Een controle daarop is door het ontbreken van landbouwscheikundig inzicht niet mogelijk.

In de meervoudige rechtlijnige regressievergelijking werd geen onderzoek verricht naar de eventuele aanwezigheid van interacties; dit had kunnen geschieden door het invoeren van de produkttermen x_1x_2 , x_1x_3 , enz. De grote uitbreiding van de bewerking stuitte af op praktische bezwaren, temeer daar niet bekend was welke interacties te verwachten waren. Ook werd niet in extenso nagegaan, of de onafhankelijke factoren onderling kromlijnige samenhang vertoonden.

3.4.2 Numeriek-grafische methode

Voor de bestudering van de aanwezigheid van kromlijnige relaties in een meer-dimensionale ruimte staat de numeriek-grafische methode ter beschikking (EZEKIEL, 1950; VAN DER BOON, 1955, 1957, 1959; FERRARI en SLUIJSMANS, 1955).

Na berekening van een meervoudige rechtlijnige regressievergelijking worden de afwijkingen tussen de gemeten y en de uit de meervoudige regressievergelijking te berekenen y^1 verticaal in grafieken uitgezet tegen de 'net'-regressielijnen. De 'net'-regressielijn geeft het verband weer tussen de afhankelijke variabele y en de onafhankelijke variabele bijv. x_1 bij het gemiddelde niveau van de overige variabelen x_2 , x_3 , $x_4 \dots x_n$. De gevonden stippenzwerm duidt dan op een rechtlijnige of kromlijnige samenhang tussen y en x_1 . Daarna volgt een iteratief proces. Nadat van alle variabelen $x_1 \dots x_n$ is nagegaan, of naar alle waarschijnlijkheid een kromlijnige samenhang bestaat, worden in de volgende iteratieronden de afwijkingen gebruikt tussen de waargenomen waarden van y en de via recht- of kromlijnige verbanden met de onafhankelijke variabelen voorspelde waarden van y^1 . FERRARI en SLUIJSMANS (1955) hebben bij hun onderzoek het eindresultaat getoetst volgens de methode die ook bij de polyfactoranalyse wordt gebruikt, namelijk dat de regressiecoëfficiënt van de waargenomen y op de door elke in het onderzoek betrokken onafhankelijke variabele voorspelde y^1 gelijk 1 moet zijn. In het eigen onderzoek werd volstaan met de berekening van de meervoudige correlatiecoëfficiënt (R), waarbij bepaald wordt, hoe de door de variabelen gezamenlijk voorspelde waarden van y^1 gecorreleerd zijn met de gemeten waarden van y .

De numeriek-grafische methode maakt het voor materiaal met een betrekkelijk gering aantal waarnemingen mogelijk kromlijnige relaties vast te stellen waarbij is gecorrigeerd op de invloed van andere variabelen. De curven gelden voor 'constant' gehouden niveaus van de andere factoren. Het is in principe mogelijk, ook interacties tussen factoren in het onderzoek te betrekken. Bij een gering aantal gegevens en hoge correlaties tussen de factoren (hetgeen onder meer bij invoering van produkttermen voor de bepaling van interacties het geval kan zijn) bereikt het iteratieve proces moeilijk een evenwicht. Ook hier kan de regressiecoëfficiënt geen 'wezenlijke' betekenis hebben.

3.4.3 Polyfactoranalyse

Onder de polyfactoranalyse wordt hier verstaan een meerdimensionale, grafische

bewerking van de variabelen, zoals zij in het veld worden aangetroffen volgens een door Visser in de landbouw geïntroduceerde methode. (VISSEr, 1949; FERRARI, 1952; VAN DER BOON, 1952, 1955; KUIPERS, 1955). De bewerking volgens de polyfactoranalyse is in het proefschrift van FERRARI (1952) uitvoerig beschreven. De grafische bewerking maakt het vaststellen van kromlijnige verbanden gemakkelijk en waarschuwt voor het voorkomen van 'uitbijters'. Door deze wijze van werken worden eveneens interacties van de 1^e orde tussen een aantal factoren in beschouwing genomen. Het opsporen van de laatste geschiedt bij 'routine' uitvoering echter niet systematisch. De storende invloed van correlaties tussen de onafhankelijke variabelen $x_1 \dots x_n$ in het 'grondvlak' wordt zoveel mogelijk geëlimineerd. Dit vindt plaats door de samenhang tussen y en x_i te bestuderen in enkele grootteklassen van een aantal andere factoren. Die factoren worden in de bewerking opgenomen die een hoge correlatie met x_i vertonen. Factoren die onderling een zeer hoge correlatie vertonen kunnen echter niet in klassen worden gesplitst waarbij voldoende waarnemingen per klasse aanwezig zijn om de samenhang $y = f(x_i)$ vast te stellen. In dergelijke gevallen moet één van beide factoren buiten de bewerking worden gelaten. De keuze welke van beide als de van invloed zijnde factor moet worden beschouwd, wordt ook hier weer gebaseerd op landbouwscheikundige kennis. Indien geen keuze mogelijk is, is de gebruikte variabele een 'index' voor beide factoren. Men kan de grens van de toelaatbare correlatiecoëfficiënt daarbij stellen op 0,7-0,8.

In de grafieken waarin y is uitgezet tegen x_i voor verschillende klassen van de gekozen gecorreleerde x_1, x_2, x_3 etc. uit $x_1 \dots x_n, x_j \dots x_n$ zullen, indien geen interacties aanwezig zijn, de curven wel ongeveer dezelfde vorm vertonen, maar op verschillend niveau liggen door de invloed van de gekozen variabelen x_1, x_2, x_3 , etc.

Nadat de niveauverschillen zijn geëlimineerd, wordt de gemiddelde curve getrokken door de verkregen bundel van krommen. Dit betekent echter dat de gemiddelde kromme niet altijd de beste lijn is in een stippenzwerm van een bepaalde grootteklasse van een factor.

De polyfactoranalyse is een iteratief proces, waarin na eliminatie van de invloed van één factor de samenhang van de opbrengst met de volgende factor door de geringere spreiding zich duidelijker zal aftekenen. Het iteratieproces wordt beëindigd, zodra de daling in de variantie van de opbrengst in de laatste iteratieronde slechts gering is. Voor een goede vaststelling van de krommen is een voldoende spreiding van de factoren nodig en vooral ook een voldoende aantal gegevens in de uiterste klassen (homogene verdeling).

3.5 Werkmodel van directe en indirecte beïnvloeding

In het model van directe en indirecte beïnvloeding gaat men ervan uit dat de afhankelijke variabele door onafhankelijke variabelen rechtstreeks beïnvloed wordt (exogene variabelen, tevoren bepaalde variabelen, primaire oorzaken) en indirect via andere variabelen (endogene variabelen, gezamenlijk afhankelijke variabelen,

effectvariabelen; THEIL, 1961; THEIL and KLOEK, 1959; FERRARI, 1963, 1964). Aan de hand van hypothesen over de werking van de factoren kan in een diagram worden aangegeven langs welke wegen, 'paden', de factoren direct en indirect hun invloed uitoefenen. Een daarbij passend wiskundig model gaat bijv. uit van lineaire regressie-vergelijkingen, waarin de coëfficiënten padcoëfficiënten worden genoemd.

Een compleet lineair systeem van M endogene variabelen en L exogene variabelen wordt zo als volgt in algemene structuurvergelijkingen beschreven:

$$\begin{aligned} b_{11}y_1^{(n)} + b_{12}y_2^{(n)} \dots b_{1M}y_M^{(n)} + a_{11}x_1^{(n)} + \dots a_{1L}x_L^{(n)} &= U_1^{(n)} \\ b_{M1}y_1^{(n)} + \dots b_{MM}y_M^{(n)} + a_{M1}x_1^{(n)} + \dots a_{ML}x_L^{(n)} &= U_M^{(n)} \end{aligned}$$

y = endogene variabele; U = toevalsfout;

x = exogene variabele; n = aantal waarnemingen;

b en a = padcoëfficiënten.

Het oplossen van stelsels van simultane vergelijkingen is ook onderwerp van veel studie in de economie (MEULENBERG, 1962). Zo wordt de kostprijs (y_1) van een produkt voor de fabrikant bepaald door de grootte van de afzet. Verlaging van de kostprijs door verandering van het procédé (onafhankelijke variabele x) en lagere verkoopprijs maken dat de omzet stijgt (variabele y_2). Een grotere omzet betekent weer een lagere kostprijs.

In Nederland werd door FERRARI (1963) de methode van simultane vergelijkingen voor de bestudering van vraagstukken van bodemvruchtbaarheid geïntroduceerd. Hij geeft als voorbeeld, hoe het magnesiumgehalte van het grasbestand door bodemfactoren direct en indirect wordt beïnvloed. De indirecte beïnvloeding treedt op door een verschuiving in de samenstelling van het grasbestand naar meer of mindere aanwezigheid van kruiden en ook door een verandering van het stikstofgehalte van het gras.

Het opstellen van een werkmodel van directe en indirecte beïnvloeding in het bodemvruchtbaarheidsonderzoek eist een juist inzicht in de kwestie hoe bepaalde factoren direct en indirect een zeker verschijnsel beïnvloeden. Er moeten waarnemingen worden verricht over de endogene variabelen en hoe deze door exogene factoren worden gevarieerd en hoe ze zelf weer effect uitoefenen op andere endogene variabelen. In het bodemvruchtbaarheidsonderzoek zijn geen of weinig maatregelen te bedenken die slechts één bodemfactor veranderen. Zo vergroot een verhoging van het gehalte aan organische stof het adsorptievermogen en het vochthoudend vermogen van de grond. Hierdoor worden weer de uitspoeling van voedingsstoffen uit de bodem, de samenstelling van de bodemoplossing e.d. beïnvloed. De toegediende organische stof zal meestal zelf voedingsstoffen bevatten die de chemische bodemvruchtbaarheid weer mede bepalen. Wordt de reactie van het gewas op de verhoging van het organische-stofgehalte bestudeerd zonder begeleidend waarnemingen, dan wordt niet nader geanalyseerd, welk facet van de toediening van de organische stof de opbrengstreactie heeft veroorzaakt. Bij een bepaalde proefopzet (geïdentificeerd of overgeïdentificeerd model) waar ook de genoemde endogene variabelen

(adsorptievermogen, vochtgehalte van de grond, chemische rijkdom) worden gevarieerd, is vast te stellen, langs welke paden de organische stof het gewas beïnvloed heeft en wat daarvan de kwantitatieve betekenis was.

In het proefplekkenonderzoek werd bij de codering van het bodemprofiel uitgegaan van de gedachte, dat de factoren afzonderlijk zijn te beschrijven, zonder er rekening mee te houden dat ze elkaar beïnvloeden. Dit is evenwel niet het geval. Zo zullen fijnzandige of leemhoudende gronden bij een gegeven wateraanvoer een veel grotere schommeling van de grondwaterstand vertonen dan grove zandgronden. Chemische verrijking of verarming van een bepaalde bodemlaag door uitspoeling zal door de textuur van de desbetreffende laag bepaald worden, maar ook door die van de erboven en van de eronder liggende laag.

De verschijnselen in landbouwscheikunde en bodemkunde zijn dus complex. Bij de bewerking van het proefplekkenmateriaal volgens regressievergelijkingen werd aangenomen, dat de onafhankelijke variabelen elkaar niet beïnvloeden. Indien dit echter wel het geval is, geeft de regressievergelijking geen zuiver inzicht in de relaties. Het gevondene is des te minder juist, naarmate de onderlinge beïnvloeding van de onafhankelijke factoren sterker is. De beoordeling via de padcoëfficiënten beantwoordt dan beter aan de werkelijkheid.

Bij uitgebreid materiaal is een scheiding in exogene en endogene variabelen echter moeilijk volledig door te voeren. Als de niet te verklaren variantie in de opbrengst groot is en vele factoren die de opbrengst beïnvloeden aanwezig zijn, kan men zelfs de vraag stellen, of de bewerking volgens het model van de padcoëfficiënten uitvoerbaar en van betekenis is. Het regressiemodel zal hierin in eerste instantie voldoende inzicht geven. Voor uitgezochte onderdelen kan vervolgens worden nagegaan, of een bepaalde bodemfactor als exogene factor de opbrengst rechtstreeks en/of via endogene variabelen beïnvloed heeft. Hiervan wordt in het volgende een voorbeeld uitgewerkt (par. 12).

De groepen- en aspectenanalyse zullen bij het opstellen van een model van directe en indirecte beïnvloeding een nuttige functie kunnen vervullen. Te verwachten is, dat de endogene variabelen een samenhang vertonen met de exogene. Aan de hand van landbouwscheikundige kennis en inzicht in de reactie van het gewas zal a priori het model van wederzijdse beïnvloeding kunnen worden opgesteld. Aspectenanalyse bevestigt a posteriori de a priori gestelde verbanden in het materiaal. Tevens leidt de aspectenanalyse tot het onderkennen van nieuwe verbanden en tot verbetering van het model. Ook hier moet de vraag gesteld worden, of de gevonden correlatie haar oorzaak vindt in elkaar beïnvloedende factoren op het tijdstip van de analyse van het proefplekkenmateriaal (bijv. invloed van de leemhoudendheid op de kalivoorraad en het voor de plant beschikbare kaligehalte van de grond), zodat die onder de endogene variabelen gerangschikt behoren te worden, of dat de correlatie ontstaan is door bodemvormende processen in het verleden en de factoren nu zonder onderlinge beïnvloeding als exogene oorzaken behandeld moeten worden (bijv. leemhoudendheid en humus ten aanzien van het vochtbergend vermogen).

4 Literatuurgegevens over bemesting en vochtvoorziening van de aardbei

De behoefte van de aardbei aan voedingsstoffen en water werd bestudeerd aan de hand van gegevens uit de literatuur. Doel van dit literatuuronderzoek was vast te stellen, op welke bodemfactoren de aardbei onder praktijkomstandigheden duidelijk reageert. Deze factoren moesten bij het verzamelen van de gegevens tijdens het proefplekkenonderzoek zo nauwkeurig mogelijk worden gemeten. De literatuurgegevens dienden tevens om de in het onderzoek gevonden relaties tussen gewaseigenschappen en bodemfactoren te bevestigen.

De gedetailleerde literatuurgegevens zijn samengevat in een in 1962 afgesloten rapport van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (no. 17, 1965), waarin 257 referenties zijn vermeld.

De literatuurstudie leidde tot het volgende inzicht over de reactie van de aardbei op de kwaliteit van de bodem en de hoedanigheid van de bemesting.

De aardbei reageert volgens literatuur en ervaringen uit de praktijk slechts weinig op anorganische bemesting. Een goede vochtvoorziening is veel belangrijker. Bovendien wordt het welslagen van de teelt in sterke mate bepaald door de structuur van de grond en de opbouw van het profiel.

Over de factoren afzonderlijk valt het volgende te vermelden:

Humushoudende zandgronden en lichte zavel geven over het algemeen de beste groei van de aardbei.

Vruchtwisseling en grondbewerking vóór het aanleggen van een aardbeienperceel zijn van veel belang voor het welslagen van de teelt. Een voorvrucht, die veel organische stof in de grond achterlaat, zoals gras, is zeer gunstig. Een voorvrucht kan echter schadelijk zijn wanneer daardoor parasieten in de grond achterblijven. Aardbei na aardbei telen is ongewenst. Het is noodzakelijk vóór het uitplanten de grondbewerking zorgvuldig uit te voeren, daar het goed aanslaan van de planten sterk wordt bevorderd door een losse, kruimelige structuur van de grond.

Organische bemesting heeft een zeer gunstige invloed op de aardbei. Het aanwenden van stalmest in de winter verzekert bij het uitplanten van de aardbei in het voorjaar of aan de voorteel bij uitplanten in de zomer een goed begin. De kunstmestgift in het eerste teeltjaar, vooral met stikstof, heeft slechts gering te zijn of kan zelfs worden weggelaten. Buitenlandse onderzoekers bevelen 25-50 ton stalmest per ha aan, in Nederlandse artikelen gaat men tot giften van 100 ton per ha.

Aan een *zwak zuur milieu* geven aardbeien de voorkeur. Op zeer zure grond met pH-H₂O beneden 4,5 is de groei slecht. Het optimum voor de meeste gronden ligt

tussen 5,5 en 6,5. Uit Nederlandse gegevens werd een optimaal traject voor pH-H₂O afgeleid, tussen 6,2 en 5,9; de optimale pH vertoont daarbij een tendens iets af te nemen bij hoger humusgehalte van de grond. De aardbei reageert waarschijnlijk ongunstig op verse bekalking. Indien bekalking noodzakelijk is, dan moet ze liefst worden toegediend aan de voorvrucht. Tijdens de teelt kan met thomasslakkenmeel de ongunstige invloed van een te lage pH nog worden afgevlakt.

In de *voedingsbehoefte* van de aardbei zijn drie perioden te onderscheiden. In de zomer is de plant door de oogst uitgeput en bovendien vraagt het vormen van uitlopers veel voedsel. Van eind september tot eind oktober heeft de vorming van bloemknoppen plaats. De plant moet dan over een behoorlijke voedselreserve beschikken, terwijl een voldoende groot bladoppervlak moet zorgen voor een ruime voorraad aan koolhydraten. Tijdens de winter dienen de wortels en de kroon als reserveorganen voor de mineralen, de suikers en het zetmeel, die in het najaar deels uit het blad zijn afgevoerd. In het voorjaar vragen het uitlopen van de nieuwe bladeren en de vorming van bloemtros, bloem en vrucht veel voedingsstoffen, die onder andere uit de reserveorganen naar de bovengrondse delen worden aangevoerd.

In de *wortelontwikkeling* is ook een periodiciteit te onderkennen. In de nazomer worden veel bijwortels gevormd en ontstaat het diepgaande wortelstelsel. In het voorjaar heeft in hoofdzaak de vorming van zijwortels plaats. Over het algemeen wordt het wortelstelsel van de aardbei beschreven als vrij oppervlakkig en matig ontwikkeld. Toch is ook wel een positieve correlatie gevonden van de opbrengst met de diepte van het wortelstelsel en ook tussen opbrengst en intensiteit van de beworteling.

De aardbeiwortels zijn zeer gevoelig voor structuurverval van de grond. Aan de structuur worden hoge eisen gesteld, mede omdat een groot gedeelte van het jaar de grond tussen de plantenrijen onbeschermd ligt terwijl ze in de oogstperiode vaak moet worden belopen. Organische stof werkt ook nuttig omdat het de stabiliteit van de structuur verhoogt.

Het weglaten van *stikstof* in zandculturen is, in vergelijking met andere voedings-elementen, het schadelijkst. In de praktijk evenwel is de behoefte van de aardbei aan stikstof gering, gemiddeld naar schatting 40 kg per ha. De aardbei reageerde niet positief op bemesting met kunstmeststikstof in de helft van de uit de literatuur verzamelde proefresultaten. Een flinke stalmestgift levert lange tijd voldoende stikstof voor de plant. Een stikstofbemesting in het najaar tijdens de vorming van de bloemknoppen stimuleert het aantal in het voorjaar ontlukende bloemen. Bemesting in het voorjaar bevordert de vruchtzetting. Zij kan een grotere vrucht geven, vooral bij de laatste plukken, en als correctie dienen voor onvoldoende voeding van de planten in het najaar. Zij is noodzakelijker naarmate de grond lichter en de uitspoeling door de winterregens groter is. Aan bemesting in het najaar moet over het geheel de voorkeur worden gegeven boven die in het voorjaar. De gewoonte om net voor de pluk nog bij te bemesten kan het uitgroeien van de laatste vruchten stimuleren, als de bemesting voordien onvoldoende is geweest.

De schade door stikstoftekort is kleiner dan die door overmaat, vooral bij een bemesting in het voorjaar. Overmaat stikstof geeft een zware bladontwikkeling en een

te geringe vruchtbaarheid van de plant. De vruchten rijpen bovendien later en ongelijkmatiger. In een nat seizoen treedt meer vruchttrot op, in een droog seizoen lijdt de plant wegens het grote bladerdek eerder aan vochttekort.

Een oudere cultuur vraagt een iets zwaardere stikstofbemesting. Tijdens de rijping van de vruchten wijst een stikstofgehalte in het blad van 2,70-2,80 % op een goede voedingstoestand. Het uiterlijk van het blad doet daarbij eerder aan een gering tekort aan stikstof denken dan aan overmaat.

Een *hoge zoutconcentratie* in de bodemoplossing wordt door de aardbeiwortel slecht verdragen. Er mag pas 6-8 weken na het uitplanten worden bemest, als de wortels goed groeien. De bemesting na de pluk, als de planten zijn uitgeput, moet worden uitgesteld als de grond te droog is of weinig regen te verwachten is.

Fosfaattekort in zandcultuur volgt in de grootte van de schade op stikstof. Op fosfaatarme gronden slaan de planten moeilijk aan. In de latere teeltjaren kan de aardbei zich echter weer herstellen. In tegenstelling met hetgeen voor stikstof is waargenomen, kan fosfaat de groei niet stimuleren ten koste van de vruchtbaarheid van de plant. In de herfst gegeven, bevordert fosfaat de vorming van bloemknoppen. Bij toediening van fosfaat in het voorjaar wordt de vruchtzetting verbeterd. Een gift van 120-160 kg P_2O_5 per ha is op fosfaatarme gronden gewenst, al is de nadelige reactie in opbrengst door het weglaten van de gift soms gering. Een fosfaatgehalte in het blad van 0,65 % P_2O_5 wijst op een goed voedingsniveau.

Ernstig *kalitekort* gepaard gaande met een lage opbrengst trad in uitgebreide proeven in Engeland op. Ook in andere Europese landen wordt een duidelijke kalibehoeft van de aardbei gevonden. In Amerikaanse proeven bleek de reactie op kalibemesting echter zeer klein te zijn. Bij een voor andere gewassen laag gehalte van de grond aan uitwisselbare kali is de reactie van de aardbei op de bemesting vrij gering. Onder Nederlandse omstandigheden is het effect van bemesting klein bij gehalten boven 0,010-0,020 % K_2O-HCl . Kalibemesting in het voorjaar kan bij een kalitekort het aantal bloemen nog vergroten. Het is ook mogelijk dat door een te hoge gift de opbrengst wordt verlaagd.

De zoutgevoeligheid van de aardbeiwortels moet bij bemesting met kali in het oog gehouden worden. De wortels zijn zeer gevoelig voor chloriden; daarom moet bij gebruik van een chloorhoudende kalimeststof deze vóór de winter worden gestrooid. Een gehalte van 1,80-2,40 % K_2O in het juist volwassen blad is optimaal.

Over de *magnesiumbehoefte* van de aardbei is weinig bekend. In proeven werd soms een gunstige reactie op magnesiumsulfaat waargenomen. Op zandgronden in Noord-Brabant had magnesiumbemesting in het eerste proefjaar geen effect. Een gehalte van 0,25-0,45 % MgO in het blad tijdens de rijping van de vruchten is gewenst.

Betreffende *sporenelementen* is nog weinig onderzocht. Op kalkrijke gronden treedt gemakkelijk mangaan- of ijzergebrek op. De aardbei heeft op sommige gronden koperbemesting nodig. Bij boriumbemesting kan vrij spoedig vergiftiging optreden.

De *vochtvoorziening* van de aardbei moet goed in orde zijn. Op zandgronden is een waterstand van 60-70 cm onder het maaiveld gunstig. Beregening kan in droge jaren een belangrijke opbrengstvermeerdering geven. Op een zandgrond werd de maxi-

male produktie aan oogstbare vruchten bereikt door de doorwortelde bovengrond van begin april tot het einde van de oogst praktisch op veldcapaciteit te houden. Beregening vóór en tijdens de bloei moet overvloedig zijn, 20-25 mm per keer en per week. Beregening bij te lage temperatuur vóór de bloei heeft soms een nadelig effect. Tijdens de pluk mag niet overmatig beregend worden in verband met het optreden van vruchtrot. De beste methode is 's morgens na de pluk te beregenen. Andere perioden waarin beregening van belang kan zijn liggen vóór en vlak na het uitplanten in de zomer en tijdens de vorming van bloemknoppen in de herfst. Tijdens de zomer is beregening alleen nodig bij extreme droogte, omdat men anders een te zwaar ontwikkeld bladerdek krijgt. Verder is door beregening een bescherming van de bloemen tegen nachtvorst mogelijk.

Wateroverlast in de winter doet de wortels afsterven en de droogtegevoeligheid van het gewas in de volgende zomer toenemen, o.a. doordat de wortelgroei van de aardbei in het voorjaar beperkt wordt.

De *vruchtzetting* wordt vooral bepaald door de voedingstoestand van de plant in het najaar. Is deze onvoldoende, dan is de bemesting in het voorjaar van bijzonder belang, vooral voor de vruchtzetting van de laatstgevormde bloemen aan de trossen. Te veel stikstof brengt de vruchtzetting in gevaar, terwijl fosfaat deze gunstig beïnvloedt. Een goede watervoorziening kort voor de bloei is noodzakelijk voor een goed zetten van de bloemen.

Het *tijdstip van bloei* valt in zandcultuur door een tekort aan stikstof, fosfaat en kali later. Alleen bij ernstig stikstofgebrek zal stikstofbemesting in de praktijk de bloei bespoedigen. Over het algemeen verlaat bemesting met stikstof de plukperiode; soms wordt deze tevens verlengd door het volledig uitgroeien van de laatste bloemen. Fosfaatbemesting vervroegt de oogst. Door droogte loopt de oogst vroeg af, doordat de laatste vruchten niet uitgroeien. De bij droogte als kort voorspelde plukperiode wordt weer verlengd door regen of toediening van water, die de laatste vruchten nog doet uitgroeien. Aardbeien, geteeld op luw gelegen percelen geven een vroegere bloei te zien. Door een strodek valt het begin van de oogst later als gevolg van lage nachttemperaturen.

De *grootte van de vrucht* is onvoldoende bij te zwak of te sterk groeiende planten. Door bemesting met stikstof kan soms een verhoging van de opbrengst gepaard gaan met kleinere vruchten, maar gewoonlijk worden grotere vruchten verkregen, vooral aan het einde van de plukperiode. Deze invloed wordt vooral door de bemesting in het voorjaar uitgeoefend. Fosfaatbemesting geeft grotere vruchten. Ernstig kalietekort heeft tot gevolg dat de vruchten klein blijven. De vochtvoorziening heeft een grote invloed op de vruchtgrootte: bij droogte groeien de vruchten niet uit en blijven ze klein en de daling in opbrengst is aanzienlijk. Late toediening van water vergroot het aantal vruchten niet meer, maar nog wel de grootte van de vruchten.

Misvorming van vruchten is een gevolg van slechte vruchtzetting. Koud, guur weer en ziekten werken dit in de hand.

De *kwaliteit van de vrucht* wordt onder meer bepaald door stevigheid, kleur en smaak. Overmaat stikstof gegeven in het voorjaar, en vooral in een nat oogstseizoen,

kan leiden tot zachte, grote, slecht gekleurde vruchten met een laag zuur- en suikergehalte, waarbij veel rot optreedt. Fosfaatbemesting geeft een lager zuurgehalte en een goed aroma van de vrucht. Door kalibemesting krijgt men goed gekleurde, glanzende, stevigere vruchten met hogere gehalten aan suikers en organische zuren. Een te lage pH van de grond kan de smaak ongunstig beïnvloeden. Onbemeste percelen en percelen die met organische meststoffen zijn bemest geven bij een normale opbrengst over het algemeen stevige, goed smakende vruchten.

Door beregening wordt het vochtgehalte van de vrucht vergroot, waardoor hij zacht en minder stevig wordt. Valt na kunstmatige beregening ook veel neerslag, dan kan de opbrengstvermeerdering deels of geheel worden tenietgedaan door rotting van de vruchten.

Bovengenoemde invloeden op smaak en stevigheid van de vrucht (dus niet op het rot) zijn onder normale praktijkomstandigheden niet zodanig, dat de handelskwaliteit merkbaar wordt benadeeld.

De *verwerkingskwaliteit* van de aardbei vertoonde geen invloed van talrijke factoren, onderzocht in uitgebreide proeven op de Zuidhollandse eilanden en elders.

5 Verzameling en beschrijving van het materiaal

In de winter 1954/1955 werden de proefplekken uitgezocht op percelen met eenjarige Jucunda op zandgrond in de gemeente Zundert. De proefplekken bevatten 50 planten. De bemestings- en bespuitingsproefvelden werden in het voorjaar van 1955 aangelegd.

In de proef werden 272 aardbeipercelen betrokken. Het totale aantal aan proefplekken en aan veldjes van proefvelden, eveneens 50 planten groot, bedroeg 365.

In 1956 werden alleen de bemestings- en bespuitingsproefvelden voortgezet.

5.1 Aanleg van de proefplekken

In overeenstemming met wat hierover onder 2.1 is vermeld, werden de proefplekken zo uitgezocht, dat de bodemfactoren zo veel mogelijk een grote en gelijkmatige spreiding vertoonden met onderling geringe correlaties. Zo werd gepoogd alle bodemtypen in gelijke mate vertegenwoordigd te doen zijn³. Bodemtypen, waarop praktisch geen aardbeien worden geteeld, werden echter uitgesloten. Er werd naar gestreefd gelijke aantallen percelen te hebben met lage, middelmatige en hoge ligging in het terrein. Deze eis komt met de voorgaande in botsing, daar de bodemtypen in de gemeente Zundert geen homogene verdeling vertonen. Voorts werd gelet op het in gelijke mate voorkomen van de proefplekken naar leemhoudendheid van de grond (geen leem: grofzandig; geen leem: fijnzandig; gronden met leem en gronden met veel leem). Wat het humusgehalte in de bouwvoor betreft, werden gelijke aantallen percelen gezocht met minder dan 2 %, met 2 tot 4 % en boven 4 % humus.

Selectie van de percelen op chemische bodemvruchtbaarheid was niet mogelijk, daar de analyserapporten ontbraken. Wel werd gelet op de gewoonte van de tuinder om weinig, matig of veel kunstmest te gebruiken. Het was dus niet mogelijk de proefplekken zodanig te kiezen dat een grote en gelijkmatige spreiding in alle analysecijfers werd verkregen.

De hierboven genoemde wensen werden bij het uitzoeken van de proefplekken als richtlijn gebezigd. De aanleg van de proefplekken was echter een zo tijdrovend werk dat, mede door het ontbreken van gegevens, bovenstaande wensen niet geheel konden worden gerealiseerd. Wel werd gezorgd voor een redelijke geografische ver-

³ Onder bodemtype verstaan wij hier een bodemeenheid, waarbij de classificatie berust op de belangrijke factoren: korrelgrootte, vochtklasse en dikte van de humushoudende bovenlaag, zoals VAN LIERE (1950) deze op zijn legenda aangeeft.

spreading van de proefplekken in het onderzochte aardbeiencentrum Zundert.

Op de percelen werd de proefplek daar gelegd waar de stand van het gewas het regelmatigst was en deze 'representatief' was te achten voor het gehele perceel. Dus ook niet aan de kant van een greppel, langs een haag, enz.

5.2 Aanleg van de proefvelden

Bestudering van de uitslag van grondonderzoek van tuinbouwmonsters uit de gemeente Zundert in 1952-1953 heeft aan het licht gebracht, dat tussen P-citroenzuurnummer en K-getal van de grond een vrij hoge correlatie bestaat: mediaan-correlatiecoëfficiënt berekend volgens HAMMING (1952) = + 0,69. Deze hoge correlatie houdt het gevaar in, dat de invloeden van fosfaat en van kali op de opbrengst niet te scheiden zouden zijn. Daarom werden fosfaat- en kalibemestingsproefvelden aangelegd. Hiervoor werden percelen gezocht met uiteenlopend fosfaat- resp. kaligehalte van de grond, waarbij de overige grondanalysecijfers en bodemkenmerken zo weinig mogelijk van het gemiddelde afweken. Acht proefvelden met een P-citr van 13 tot 171 en acht met een K-HCl-cijfer van 0,005 tot 0,014 % werden aangelegd.

Om de invloed van magnesium te bepalen, werden bespuitingsproeven met magnesiumsulfaat uitgevoerd. Wegens de vrij trage werking van magnesiumbemesting, die bij een ander meerjarig gewas (appel) herhaaldelijk werd geconstateerd, werd bespuiting verkozen boven normale bemesting. Op dertig percelen werd de oppervlakte van de proefplek verdubbeld, waarbij de ene helft wel, de andere geen magnesium ontving. Deze proefvelden werden zo gelijkmatig mogelijk over het tuinbouwgebied verspreid.

Daar de aardbeienteelt zich de laatste jaren steeds verder heeft uitgebreid naar de pas ontgonnen gedeelten van Zundert (VAN LIERE, 1950) en de aardbei als een van de eerste gewassen na de ontginning wordt aangeplant, werd het niet onmogelijk geacht, dat dit gewas gunstig zou reageren op een verbeterde kopervoorziening. Op tien percelen werd daarom naast de onbehandelde proefplek een veldje aangelegd waar periodiek met een oplossing van kopersulfaat gespoten werd.

Tenslotte werden op vijf percelen aardbeien van twee selecties aangetroffen, die beide werden geoogst om het produktievermogen van de selecties te kunnen beoordelen.

5.3 Verrichte waarnemingen

De *profielbeschrijving* van de proefplekken ging tot een diepte van 120 cm. Elke te onderscheiden laag werd op het oog beoordeeld op de korrelgrootte van het zand, de leemhoudendheid, het waterhoudend vermogen, de vastheid en het humusgehalte. De diepte waarop roestvlekken en oerbanken voorkwamen werd genoteerd. Het gehele profiel werd geclassificeerd volgens de legenda van de Stichting voor Bodem-

kartering (Rapport 1950). De gegevens werden gecodeerd voor de verdere bewerking.

De *chemische vruchtbaarheid* werd bepaald aan de hand van in juni 1955 gestoken grondmonsters ter diepte van 0-20 cm. Elk monster was samengesteld uit 15 steken. De grondmonsters werden geanalyseerd door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek (DE VRIES en DECHERING, 1960). De gevonden analysecijfers geven op een voor de plant belangrijk tijdstip een indruk van het aanbod aan voedingsstoffen uit bodemvoorraad en bemesting.

De *waterhuishouding* van de grond werd vastgelegd door het meten van de diepte van de grondwaterstand met behulp van de profielboor in maart en tijdens de pluk in juli. In de laag van 5-20 cm diepte werd tijdens de oogst een grondmonster genomen voor de vochtbepaling.

De *stand van het gewas* werd vanaf maart 1955 (het einde van de aanleg van de proef) op alle plekken geregeld genoteerd. Daarbij werd ook gelet op het optreden van ziekten, wat zo goed mogelijk werd vastgelegd door een schatting van het percentage zieke planten en van de mate waarin de planten waren aangetast. Voor de pluk werden van de 50 afgepaalde aardbeiplanten de 30 beste planten uitgekozen. De opbrengst daarvan werd door twee maal in de week te plukken bepaald. Een gedeelte van de aardbeien werd op het 'Sprenger' Instituut verwerkt tot halffabrikaat. Tijdens de winter werd de kwaliteit van de door middel van een oplossing van zwaveligzuur geconserveerde aardbeien driemaal beoordeeld (DOESBURG, 1965; GERSONS, 1954).

Door middel van *enquêteformulieren* werden gegevens verzameld over de teelt, o.a. over bemesting met stalmest en kunstmest, aantal malen dat in de laatste tien jaar aardbeien werden geteeld, herkomst van het plantmateriaal, enz.

5.4 Frequentieverdeling van de waargenomen factoren

De proefplekken en proefvelden waren op de in 5.1 en 5.2. beschreven wijze verspreid over de gemeente Zundert gekozen. De frequentieverdelingen van de waargenomen gegevens zullen afwijkingen vertonen van die welke volgens het toeval zouden zijn verkregen. Het zal waarschijnlijk echter voor slechts enkele factoren gelukt zijn, de top van de frequentieverdeling aanzienlijk te verlagen en het aantal lage en hoge waarden sterk te verhogen.

In bijlage 1 zijn de laagste en hoogste gevonden waarden vermeld, alsmede de klassen waarin de achtste delen van de frequentieverdeling vallen (12,5 %, 25 % (1e quantiel), 37,5 %, 50 % (mediaan), 62,5 %, 75 % (3e quantiel), 82,5 %). Een vergelijking van de ligging van de mediaan met die van de modus van de verdeling (d.i. de klasse met het hoogste aantal) en die van het rekenkundig gemiddelde (voor zover berekend) geeft een indruk van de scheefheid van de frequentieverdeling. Globaal valt over de frequentieverdelingen het volgende op te merken (bijlage 1).

Het zand werd op fijnheid en leemhoudendheid beoordeeld in aansluiting op de legenda van de bodemkaart van VAN LIERE (1950). Deze geeft voorbeelden van de korrelgrootteverdeling. Voor de tamelijk grove zanden overwegen de fracties 105-150 en 150-210 μ met een U-cijfer van 69; voor de fijne zanden is de fractie 150-210 μ het grootst met een U-cijfer van 114-122.

Grof materiaal komt bij de proefplekken vaker voor in de ondergrond dan in de bovengrond. De meeste profielen hebben middelgrof zand in de ondergrond.

Er komt minder leem onder dan boven in het profiel voor. Bij 60% van de profielen werd geen leem aangetroffen op een diepte van 30-40 cm.

Het geschatte humusgehalte neemt naar de diepte sterk af: op 30-40 cm diepte is de mediaan nog maar 3%. Op grote diepte (van 70 cm af) werd soms veen aangetroffen.

De dikte van de humushoudende laag varieert sterk: het dunste pakket was 20 cm, het dikste meer dan 120 cm.

Op 12% van de percelen werd een storende laag in het profiel gevonden op een diepte kleiner dan 120 cm.

De gemiddelde pH-water was 5,4 met als uiterste waarden 4,3 en 6,8.

Het laagste op het laboratorium bepaalde humusgehalte in de bouwvoor was 0,6%, het hoogste 10% (gemiddeld 4,1%).

Het P-getal vertoonde een duidelijk scheve verdeling (modus lager dan mediaan).

Het gemiddelde K_2O-HCl % in juni 1955 bedroeg 0,015.

Bij het magnesiumcijfer kwamen zeer lage waarden voor: zes proefplekken met getallen beneden 10 d.p.m.; er waren twee extreem hoge waarden, 180 en 270. Het gemiddelde lag bij 43 d.p.m., wat niet hoog is.

N-totaal vertoonde een regelmatige verdeling tot een gehalte van 0,22%. De waarde 0,34% was een uitschieter.

Slechts enkele proefplekken hadden tijdens de oogst een N-water cijfer boven 4.

Slibanalyse toonde op 91% van de proefplekken minder dan 11% afslibbare delen.

Enkele proefplekken (19) hadden hogere cijfers, één kwam zelfs op 19%.

De fractie 0-50 μ varieerde tussen 3 en 45%, met een gemiddelde van 19%.

De waterhuishouding in het profiel werd op verschillende wijzen vastgelegd.

Het grondwater stond in maart 1955 gemiddeld 55 cm onder het maaiveld; op vier proefplekken was de grond tot aan het oppervlak met water verzadigd.

In juli werden nog percelen aangetroffen met een vrij hoge grondwaterstand: bij drie lag deze nog boven 70 cm. Op vijf percelen was de grondwaterstand gelijk of dieper dan 3 meter. De gemiddelde grondwaterstand was midden juli 176 cm onder het maaiveld.

Het verschil in grondwaterstand tussen maart en juli was soms uitermate gering (twee percelen met 10 cm) en soms buitengewoon groot (12 gevallen met meer dan 2 meter). Het gemiddelde verschil bedroeg 1,22 m.

Midden juli, in een droge periode tijdens de pluk, werden in de laag 5-20 cm grondmonsters gestoken voor de bepaling van het vochtgehalte (factor 39). Door van het in het laboratorium bepaalde gehalte het voor het verwelkingspunt berekende ge-

wichtspercentage vocht af te trekken, werd de nog aanwezige hoeveelheid beschikbaar water vastgesteld (factor 71). Dit gehalte werd uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid beschikbaar vocht, die de bouwvoor kan bevatten (vochtindex, factor 72).

Het in juli gevonden vochtgehalte varieerde tussen 2,9 % en 45,4 %. De twee hoogste waarden (45,4 en 39,6 %) kunnen echter als uitschieters t.o.v. de waargenomen frequentieverdeling worden beschouwd. Het gemiddelde vochtgehalte in de bouwvoor was op dat tijdstip 16,2 %.

De berekening van de aanwezige hoeveelheid beschikbaar water leverde twee negatieve waarden. Op 32 % van 271 percelen was minder dan 10 gewichtsprocenten voor de plant beschikbaar water aanwezig. Het gemiddelde lag bij 12,5 gew. % water.

Volgens de berekende vochtindex zou op slechts 10 % van de proefpercelen meer dan 50 % van de hoeveelheid beschikbaar water, die de bouwvoor kan bevatten, reeds verdwenen zijn.

Het vochthoudend vermogen van de bouwvoor (factor 73) liep uiteen van 2,7 tot 30,6 volumeprocenten. De mediaan lag bij 20 vol. %. De Vos c.s. (1960) geeft hierover de volgende cijfers:

humusarm, matig fijn zand	10 vol. %
humushoudend, matig fijn zand	15 vol. %
humusrijk, matig fijn zand	20 vol. %
humusrijk, lemig zand	25 vol. %

De schatting van de verdroging van het gewas in juli 1955 gaf aan, dat op 31 % van de percelen het gewas min of meer watertekort had.

Door middel van enquêteformulieren werden gegevens over de teelt bij de tuinders opgevraagd.

De tijd van planten werd opgetekend. De meeste aardbeien werden eind maart uitgeplant. Op enkele percelen was dit reeds vroeger in het seizoen mogelijk. Na midden april werd niet veel meer geplant, op 14 percelen nog in mei.

Het gewas werd beoordeeld in maart, april, juni en juli 1955. Er werden schattingscijfers gegeven voor percentage uitval, regelmaat van de overblijvende planten, ontwikkeling en grootte van het gewas.

Op 17 % van de percelen werd de stand in april als matig of als onvoldoende beoordeeld.

Gemiddeld was 9,7 % van de planten uitgevallen. Op 7 % van de percelen was meer dan 20 % van de geplante aardbeien na een jaar verdwenen.

De grootte van de planten liep zeer sterk uiteen. De kleinste planten hadden in april een middellijn van 11 cm en de grootste een van 35 cm.

In juni werd de mate van vruchtzetting geschat. Soms liet deze zeer te wensen over. Op tien percelen was minder dan 50 % van de bloemen gezet. Hierbij kwam een bepaalde selectie onder de heersende weersomstandigheden als zeer onvruchtbaar naar voren.

Ook het percentage onvolledig uitgegroeide vruchtbodems, 'baarden', (factor 60),

- dat eveneens werd geschat aan het geoogste produkt (% B, factor 65), gaf aan dat de vruchtzetting niet steeds verliep zoals het behoorde. In 11 % van de gevallen was het percentage 'baarden' hoger dan 50 %.
- De opbrengsten van de percelen varieerden zeer sterk. De laagste opbrengst was 30 gram, de hoogste 500 gram per plant, dus bijna 17 maal zoveel. Op 7 % van de proefplekken werd 100 g of minder per plant geoogst, op 39 % 200 g of minder en op 77 % 300 g of minder. Een opbrengst van 400 g per plant of hoger werd verkregen op 8 % van de percelen.
- Het geschatte percentage vruchten met een diameter groter dan 2 cm (% A) was gemiddeld 54 %. Er kwamen partijen voor met zeer goede, maar ook met zeer slechte vruchten.
- Vier monsters aardbeien per perceel werden tijdens de pluk genomen en verwerkt. Op de eerste beoordelingsdatum (3 oktober 1955) was het grootste deel van de verwerkte partijen van goede kwaliteit. Slechts 10 percelen leverden een slechtere kwaliteit dan 7. Later in het seizoen was de kwaliteit teruggelopen. Toch was de meerderheid van goede tot zeer goede kwaliteit. 13 % van de monsters werden lager gewaardeerd dan 6.
- Uit de procentuele cumulatieve frequentiecurven van het geoogste aantal grammen aardbei op de diverse plukdata werd de 'gemiddelde oogstdatum' (mediaan) berekend, d.i. de dag waarop 50 % van de totale opbrengst is geoogst (factor 66). Tevens werd uit de helling van de lijn een maat verkregen voor de snelheid van de oogst. Deze maat is uitgedrukt in het aantal dagen, dat verliep tussen het tijdstip waarop 25 % en dat waarop 75 % van de aardbeien was geplukt.
- Op één perceel was reeds 50 % geoogst op de vierde dag na 26 juni, die als eerste dag van de schaal werd genomen, d.i. dus op 1 juli 1955. Het laatste perceel was voor 50 % afgeoogst op 16 juli 1955. In 1955 was de oogst in Zundert halverwege op 8 juli.
- Op het vlugst rijpende perceel werd 50 % van de gehele oogst in vier dagen geplukt en op het langzaamst rijpende perceel verliepen er vijftien dagen tussen de tijdstippen waarop een kwart en een driekwart waren geoogst. Gemiddeld lagen er tien dagen tussen.
- In april, juni en juli werden schattingscijfers gegeven voor het optreden van ziekten, namelijk voor het aantal door de ziekte aangetaste planten uitgedrukt in procenten van het totale aantal, en voor de mate van de ziekte in een schaal van 0-10. Het produkt van deze twee schattingscijfers gedeeld door 10, werd als een redelijke maat voor de verdere bewerking beschouwd. Voor de beoordeling van de meeldauw in juli werd een schaal van 0-10 gebruikt.
- Meeldauw *Sphaerotheca macularis*, kwam in juli praktisch op alle percelen voor. Slechts op 3 % van de proefplekken werd het niet gevonden.
- De activiteit van de aardbeibloesemkever (*Anthonomus rubi*) was groot. Op driekwart van het aantal percelen werd het door dit insect veroorzaakte schadebeeld aange troffen, op 33 % van de percelen ging 10 % of meer van de bloemen door deze aantasting verloren.

Daarna was spint (*Tetranychus urticae*) de meest verbreide ziekte.

Aantasting door aaltjes (*Aphelenchoides sp.*) kwam op 29 % en virus op 21 % van de percelen voor.

Het optreden van *Verticillium* was niet wijd verspreid.

In april en mei kwam een periode van koud en droog weer voor. Het jonge aardbeiblad leed zichtbaar door de schrale wind. De schade door de wind werd in april beoordeeld aan de hand van de bruinkleuring van het blad. Slechts acht percelen lagen zo beschut, dat geen windschade werd geconstateerd. Het grootste aantal percelen (93 %) vertoonde slechts een geringe beschadiging, maar er kwamen ook percelen (19 in aantal) met een zeer duidelijk schadebeeld voor.

De vraag kan worden gesteld, in hoeverre de gevonden frequenties een juiste afspiegeling zijn van de verdelingen der analysecijfers over de percelen met aardbeien te Zundert. Ter vergelijking stonden analysecijfers van het grondonderzoek van praktijkpercelen te Zundert ter beschikking, die zijn gebruikt voor de opstelling van het bemestingsadvies. Deze cijfers zijn echter ook niet aselekt verzameld. Alleen tuinders die van het nut van grondonderzoek zijn of konden worden overtuigd, hebben de grond laten bemonsteren. Verder gaf de verdeling van de grondanalysecijfers voor magnesium de indruk dat het grondonderzoek nogal eens wordt gebruikt bij de verkenning van de bodemvruchtbaarheid van pas ontgonnen percelen.

Het in klassen ingedeelde materiaal werd als relatieve frequentie grafisch uitgezet (fig. 1). Het vergelijkingsmateriaal bestond uit honderd grondmonsters van de periode 1952 en 1953. Onderzoek op magnesium vond toen slechts sporadisch plaats. Voor magnesium werden daarom 155 analysecijfers verzameld over de periode 1952-1955. De ligging van de kwantielen en de mediaan was als volgt (tabel 1).

De frequentieverdelingen voor humus, pH-KCl en P-citr vertonen een vrij goede

Tabel 1. Ligging van kwantielen en mediaan van enige eigenschappen van de grond uit het grondmonsterarchief 1952-1953 en uit de proefplekken 1955

	Uit archief '52 en '53			Van proefplekken '55		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
Humus % / % <i>organic matter</i>	3,3	4,1	4,8	3,5	4,2	4,8
pH-KCl	4,2	4,5	5,0	4,1	4,4	4,9
P-citr / <i>P-citric acid</i>	31	44	62	34	43	58
K-getal / <i>K-number</i>	15	24	35	23	28	33
MgO-NaCl	5	20	45	27	39	52
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
	<i>Records over '52 and '53</i>			<i>Trial plots '55</i>		

Table 1. Situation of quantiles and median of some soil characteristics from the archives over 1952-1953 and from the trial plots 1955

Fig. 1. Frequentiedigram van grondanalysecijfers uit 1952/53 en van die van het proefplekkenmateriaal in zomer 1955

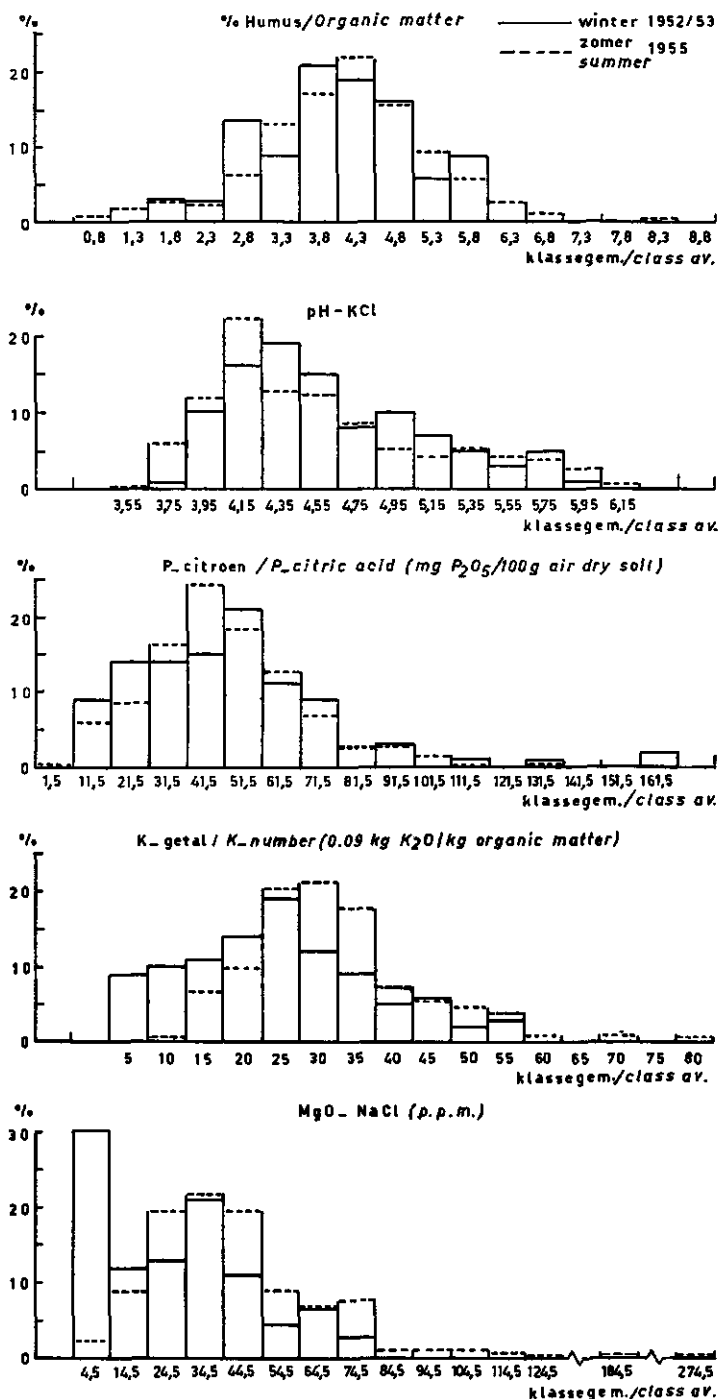


Fig. 1. Frequency diagram of soil analysis data in 1952-53 and of the experiment in summer 1955

overeenstemming; het humusgehalte van de proefplekken lag gemiddeld iets hoger, de pH-KCl was bij lagere waarde in een iets groter aantal vertegenwoordigd en P-citr had voor de proefplekken iets meer de vorm van de normale verdeling. Het aantal percelen met lage P-citroenzuurcijfers kwam naar verhouding iets minder voor. De verdeling voor het K-getal vertoont een duidelijke afwijking: lage kaligetallen kwamen in het materiaal van de proefplekken veel minder voor. Waarschijnlijk is dit voor een deel toe te schrijven aan het verschil in bemonsteringsdatum. Bemonstering in de winter na de teelt zal voor deze zandgronden door de opneming van kali door het gewas en door de herfstregens tot lagere kaligetallen leiden. Het proefplekkenmateriaal werd net voor de pluk bemonsterd, waarbij het gewas nog vrij kort daarvoor was bemest. Er zal dan weinig kali opgenomen zijn en uitspoeling speelt nog geen rol, al kan door regen de kali gedeeltelijk dieper dan de bouwvoor in het profiel terecht gekomen zijn.

De frequentieverdeling voor magnesium vertoont een sterk afwijkend beeld met het grondonderzoek in 1952-1955. Er werd reeds verondersteld dat hier vaak bemonstering heeft plaatsgehad van de pas ontgonnen percelen. De frequentieverdeling van het proefplekkenmateriaal voor het magnesium is als bodemfactor waarschijnlijk meer representatief.

Er werden correlatiecoëfficiënten tussen de grondanalysecijfers berekend. Voor de gegevens 1952-1953 geschiedde dit op globale wijze via de mediaan-correlatiecoëfficiënt (HAMMING, 1952). Voor de proefplekkenmethode van zomer 1955 werden de produktmoment-correlatiecoëfficiënten berekend (tabel 2).

De correlatiecoëfficiënten waren over het algemeen van dezelfde orde van grootte. Het verband tussen P-citr en K-HCl in het proefplekkenonderzoek was minder sterk dan eerst uit de cijfers van het grondmonsterarchief werd afgeleid. De correlatie tussen kali- en humusgehalte van de grond was duidelijker in het proefplekkenmateriaal. Naarmate de grond meer humus bevatte, was meer uitwisselbare kali aanwezig. Wordt het kaligehalte van de grond betrokken op het humusgehalte, zoals

Tabel 2. Correlatiecoëfficiënten voor enige bodemeigenschappen uit het grondmonsterarchief 1952-1953 en uit de proefplekken 1955

	Uit archief '52 en '53			Van proefplekken '55		
	pH-KCl	P-citr	K-getal	pH-KCl	P-citr	K-HCl
Humus % / % organic matter	+ 0,02	+ 0,34	+ 0,09	+ 0,03	+ 0,11	+ 0,32
pH-KCl		+ 0,22	+ 0,30		+ 0,26	+ 0,31
P-citr / P-citric acid			+ 0,69			+ 0,38
P-getal / P-water		+ 0,80			+ 0,60	
	pH-KCl	P-citr. acid	K-number	pH-KCl	P-citr. acid	K ₂ O- HCl
	Records over '52 and '53			Trial plots '55		

Table 2. Correlation coefficients for some soil characteristics from the archives over 1952-1953, and from the trial plots 1955

geschiedt bij de berekening van het K-getal, dan wordt deze correlatie minder duidelijk. De correlatie tussen P-getal en P-citr was hoog voor beide berekeningen.

5.5 Bemesting van de aardbei in de praktijk volgens enquêtegegevens

Door middel van enquêtering werd een onderzoek ingesteld naar de praktijkgewoonten bij de bemesting.

In 90 % van de gevallen werd het perceel in de winter vóór het planten met stalmest bemest. De hoeveelheid stalmest varieerde van 0 tot 1000 kg per are. Gemiddeld werd 400 kg stalmest per are gegeven (mediaan), het meest werd 500 kg toegepast.

In 25 % van de gevallen werd 300 kg en minder gegeven en in 25 % van de gevallen 500 en meer. In enkele gevallen (4 %) werd de stalmest alleen op de plantrijen ingewerkt en niet breedwerpig uitgestrooid. Slechts negen maal ontvingen de aardbeien nog een overbemesting met organische meststoffen in het volgende najaar.

De kunstmestbemesting bestond in hoofdzaak uit mengmeststoffen.

Slechts in 16 % van de gevallen werden enkelvoudige meststoffen gebruikt. De meest gebruikte N : P_2O_5 : K_2O -verhoudingen van de mengmeststoffen waren: 12 + 10 + 20 (69 maal), 5 + 10 + 5 (55), 12 + 10 + 18 (29) en 5 + 10 + 10 (5). Soms werd nog kalkammonsalpeter naast de mengmeststof toegepast, meestal als overbemesting (9 maal), soms thomasmeel (9) om de toestand van de grond te verbeteren zowel ten aanzien van de pH als van de fosfaatvoorziening (in de voorafgaande herfst toegepast). Op 11 percelen werd in het eerste seizoen (najaar 1953-najaar 1954) noch stalmest noch kunstmeststikstof gegeven en op 66 percelen enkel stalmest als langzaam werkende stikstofbron.

De hoogste stikstofgift was 140 kg per ha, de gemiddelde gift (mediaan) 30 kg en de kwantielen 25 % en 75 % lagen bij 0 en 60 kg stikstof per ha.

Indien de percelen zonder kunstmeststikstof, dus meestal wel met stalmest buiten beschouwing worden gelaten, bedroeg de gemiddelde bemesting voor 1953-1954 40 kg stikstof per ha, met de kwantielen bij 20 en 60 kg.

Op 87 percelen (30 %) werd geen fosfaat of fosfaat alleen in de vorm van stalmest gegeven. De gemiddelde fosfaatgift door middel van kunstmest was 30 kg P_2O_5 per ha.

In 25 % van de gevallen werd 60 kg P_2O_5 of meer per ha gegeven. De hoogste gift was 375 kg P_2O_5 . Het meeste fosfaat werd in de vorm van een mengmeststof gegeven (59 %), weinig in die van enkelvoudige meststof (11 %).

Indien de tuinder zijn bemesting goed afstemt op de rijkdom van de grond aan voedingselementen, moet er een negatieve correlatie te vinden zijn tussen het fosfaatgehalte van de grond in de winter en de hoeveelheid toegediend fosfaat. In het proefplekkenmateriaal had het grondonderzoek in de zomer na de bemesting plaats. Fosfaatbemesting zal het fosfaatgehalte van de grond hebben verhoogd. Er is dus een

verzwakking te verwachten van de gewenste negatieve correlatie tussen de bemesting en de uitslag van het grondonderzoek. Daar de stijging van P-citr door bemesting slechts klein is (ongeveer 4 P-citr-eenheden per 100 kg P_2O_5), zal gezien de grote verschillen in P-citroenzuurcijfers deze verzwakkende werking gering zijn. De gevonden correlatiecoëfficiënten tussen de fosfaatbemesting in de winter 1953-1954 en het fosfaatgehalte van de grond in de zomer van 1955, nl. P-getal en P-citr, die resp. $-0,05$ en $0,00$ zijn, wijzen vrij duidelijk, ondanks de genoemde moeilijkheid van een juiste interpretatie, op een slechte afstemming van de fosfaatbemesting op de fosfaatrijkdom van de grond.

Er werd in het eerste teeltjaar volgens opgave slechts weinig met patentkali bemest (70 percelen).

Het overgrote deel van de kali werd dus gegeven in de vorm van stalmest of als mengmeststof. De reden van het gebruik van mengmeststoffen zal wel arbeidsbesparing zijn geweest. De geringere verhoging van de zoutconcentratie in de bodemoplossing, waarvoor de aardbeiwortels zeer gevoelig zijn, is een gunstig neveneffect. Op 99 percelen (37 %) werd geen kali gegeven in de vorm van kunstmest.

De gemiddelde kunstmestgift aan kali was 40 kg K_2O per ha.

25 % van de percelen ontving 20 kg K_2O of minder en 25 % 90 kg K_2O per ha of meer. De hoogste kaligift was 225 kg K_2O per ha.

Er was een zwak positieve correlatie tussen het K-HCl van de grond in de zomer 1955 en de kalibemesting in 1953-1954 (correlatiecoëfficiënt = $+0,08$). De negatieve correlatie, die behoorde te bestaan tussen de kaligehalten van de grond en de kalibemesting, kan overdekt zijn door de invloed van de kort geleden toegediende kalibemesting op het kaligehalte van de grond.

In het jaar voor en direct na het planten ontvingen de aardbeien N, P, K en Mg zowel in de vorm van organische mest als van kunstmest. De totaal gegeven hoeveelheden werden berekend, waarbij de percentages aan in het eerste jaar werkzame, voor de plant beschikbare voedingsstof in de stalmest werden geschat op 2 % N, 2,5 % P_2O_5 , 5 % K_2O en 1,2 % MgO. De frequentieverdeling van de hoeveelheden stalmest en de totale hoeveelheden voedingsstof worden vermeld in tabel 3.

Hoewel de giften kunstmest in vergelijking met die voor andere tuinbouwteelten vrij laag zijn, worden via de stalmest nog grote hoeveelheden voedingsstoffen in de bodem gebracht, in het bijzonder kali.

De bemesting werd in het tweede winterseizoen (najaar 1954 en voorjaar 1955) gegeven in de vorm van mengmeststoffen en van enkelvoudige meststoffen. De volgende hoeveelheden aan voedingsstoffen werden gemiddeld (mediaan) gegeven: 40-60 kg N, 70 kg P_2O_5 , 100-125 kg K_2O en 25 kg MgO per ha.

Op 120 percelen (47 %) werden mengmeststoffen gebruikt, en wel in de samenstellingen 12 + 10 + 18 (43 maal), 12 + 10 + 20 (41), 5 + 10 + 15 (34), 5 + 15 + 20 (5), 10 + 10 + 15 (2), 5 + 10 + 10 en 5 + 5 + 10 (1). In 20 gevallen werd

Tabel 3. Frequentieverdelingen der hoeveelheden stal mest en voedingsstoffen toegevend in het jaar voor het planten en/of direct na het planten

Factor nr.	Laagste waarde	12,5 %	25 %	37,5 %	Mediaan 50 %	Gem.	62,5 %	75 %	87,5 %	Hoogste waarde	
77	0	150	300	400	400	500	500	500	700	1000	
stal mest (<i>farmyard manure</i>) in kg/are											
N in stal mest en kunstmest (<i>N in farmyard manure and fertilizers</i>) in kg/are											
P ₂ O ₅ id.	0	0,60	0,90	1,05	1,28		1,40	1,64	2,00	4,40	
K ₂ O id.	0	0,75	1,00	1,25	1,50		1,75	2,25	2,75	5,75	
MgO id.	0	1,20	2,00	2,00	2,40		3,20	3,20	4,40	7,60	
	0	0,20	0,30	0,40	0,60		0,60	0,70	0,90	2,00	
Factor No.	Lowest value	12,5 %	25 %	37,5 %	Median 50 %	Modus	Av.	62,5 %	75 %	87,5 %	Highest value

Table 3. Frequency distributions of the quantities of farmyard manure and total available nutrients applied in the planting year and/or immediately after planting

bovendien kalkammonsalpeter gegeven, in 16 gevallen thomasmeel of superfosfaat en in 14 patentkali. Tijdens de winter werd op 45 percelen (17%) geen stikstof gegeven; tegen de pluk werd op 33 hiervan bijbemest met stikstof. Tijdens de winter werd op 122 percelen (45%) bemest met kalkammonsalpeter, op 136 (50%) met superfosfaat of thomasmeel en op 147 (54%) met patentkali. In enkele gevallen werd nog bemest met organische meststoffen, driemaal met stalmest, viermaal met gier en tweemaal met kippemest.

De giften stikstof tijdens winter en voorjaar, waarbij de enkele gevallen met organische meststof ook daarop werden omgerekend, varieerden tussen 0 en 200 kg N/ha. Het meest werd 300 kg kalkammonsalpeter, d.w.z. 60 kg N per ha gegeven. De mediaan lag in de klasse 40-60 kg N/ha. In 25% van de gevallen werd 20 kg N of minder gegeven en in 25% 80 kg of meer. Op 146 percelen (54%) werd bovendien stikstof gegeven, net voor de pluk. De meest gebruikte gift was 40 kg N per ha. De mediaan voor de bemestingen voor meer dan 0 kg lag bij 50 kg N per ha, het eerste kwantiel bij 40 kg N per ha en het derde bij 60 kg N per ha.

De totale hoeveelheid stikstof gegeven in de winter en het voorjaar tot net voor de pluk, zowel in organische als in anorganische vorm, was als volgt verdeeld: op acht percelen (3%) geen stikstof; de hoogste stikstofgift was 310 kg N per ha, de mediaan lag bij 80 kg N per ha, het eerste kwantiel bij 50 en het derde bij 110 kg N per ha.

Op 23 percelen werd niet met fosfaat bemest (7,5%), de hoogste gift was in de periode najaar 1954 - oogst 1955 250 kg P_2O_5 /ha. De fosfaatgift was gemiddeld 70 kg P_2O_5 /ha (mediaan). Het eerste kwantiel lag bij 50 en het derde bij 100 kg P_2O_5 /ha. Een gift van 500 kg superfosfaat kwam het meest voor.

Op 13 percelen (5,9%) werd geen kali gegeven. De hoogste gift was 375 kg K_2O per ha. De kalibemesting bedroeg gemiddeld 100-125 kg K_2O /ha. Het eerste kwantiel lag in de klasse 75-100 kg K_2O en het derde in de klasse 150-175 kg K_2O . De meest toegepaste gift was 500 kg patentkali.

Magnesium werd overwegend toegediend in de vorm van patentkali. Het kwam niet voor in de mengmeststoffen. Op 122 percelen (45%) werd niet met magnesium bemest. De meest toegepaste gift was 50 kg MgO/ha, afkomstig van 500 kg patentkali. De hoogste was 150 kg MgO. Op 25% van de percelen werd 50 kg MgO/ha of meer gegeven. De mediaan lag bij 25 kg MgO/ha.

De positieve correlatie tussen magnesiumbemesting en magnesiumgehalte van de grond, nl. +0,16, wijst op een slechte afstemming van de bemesting op de vruchtbaarheid van de grond. De storende invloed van bemonstering na de bemesting werd bij deze beschouwing weer gering geacht.

5.6 Het weer

De planttijd viel in 1954 in een natte maand maart met weinig zon. April 1954 was daarentegen droog en zonnig, hoewel koud; er kwam veel nachtvorst voor. De groei was laat en verliep ongunstig. Ook mei was aan de droge kant, met nog vorst in de eerste decade; de hoeveelheid zonneschijn was normaal en de temperatuur gemiddeld iets boven normaal.

De zomermaanden 1954 waren zeer nat, behalve in het zuiden van het land waar de regenval in augustus praktisch normaal was. Na twee zachte maanden november en december, was januari koud en vooral de laatste decaden van februari 1955 zeer koud. Maart 1955 was koud met zonnig weer. Er kwam veel schade voor in de boomkwekerij door het zonnige (koude) weer met bevroren grond; eenzelfde ongunstige werking kan men ook verwachten bij de meerjarige aardbei. Na een zeer droge april met veel vrij koude droge wind uit het noorden en noordwesten was mei nat. Het midden van mei was bovendien te koud. Juni en juli waren droog en de temperatuur in juni 1955 iets te laag.

Na een zeer natte januari 1956 kwam februari met strenge vorst, die mede in verband met het voorafgaande zachte weer veel schade gaf. De ontwikkeling in het voorjaar verliep traag door een te droge en veel te koude april. Tijdens de oogstmaanden in 1956 viel er veel regen, de temperatuur was laag en de zon scheen minder dan normaal (SCHARRINGA, 1955-1957).

Onder paragraaf 9.1 zal verder worden ingegaan op het weer tijdens het voorjaar, speciaal in verband met de oogsttijd van de Jucunda.

6 Onderlinge samenhang tussen de factoren

6.1 Berekening van de correlatiematrix

Correlatiecoëfficiënten werden berekend uit gegevens van 311 veldjes van proefplekken en proefvelden.

Factoren die in tweedimensionale frequentietabellen met de opbrengst geen verband vertoonden en ook om landbouwscheikundige redenen en op basis van kennis van gewaseigenschappen van weinig belang werden geacht, werden buiten de berekening gelaten. Evenzo werd van factoren die achteraf beschouwd eigenlijk vrijwel hetzelfde omschreven er slechts één in de berekening opgenomen. Door deze bewerking was het mogelijk het aantal factoren te beperken tot 70. Bovendien werd met behulp van bovengenoemde frequentietabellen de rechtlijnigheid van de samenhang tussen opbrengst en bodemfactoren getoetst en, waar nodig werd een transformatie van variabelen uitgevoerd (zie 3.2).

Sterk afwijkende waarden in de frequentieverdelingen werden verwijderd, zoals reeds vermeld. Het opnemen van alle vier veldjes van de proefvelden in de correlatieberekening werd niet bezwaarlijk geacht, omdat de proefvelden waren uitgezocht op de meest voorkomende bodemtypen. De gemeten factoren zullen daarom gemiddeld de correlatiecoëfficiënten weinig vertekend hebben. Dit geldt niet voor P en K. Er had immers een selectie plaatsgevonden op het fosfaat- resp. kaliniveau van de grond. Bij vergelijking van de frequentieverdelingen voor P-getal, P-citr en K-HCl van de proefvelden met die van vroeger in Zundert verzameld materiaal bleek slechts één proefveld als te extreem buiten de berekening te moeten worden gelaten.

6.2 Nadere studie van de correlatiematrix

De samenhang tussen de factoren werd bestudeerd volgens de groepenanalyse (THOMSON, 1951). De aspectenanalyse bestond uit een bepaling van de eigenwaarden en een scheve assendraaiing (THURSTONE, 1953; THOMSON, 1951; VAN DER BOON, 1955; FERRARI e.a., 1957; POSTMA, 1960). Hierbij dient te worden aangetekend, dat de gevonden relaties door de doelbewuste keuze van de proefplekken een afwijking kunnen vertonen van die in aselect materiaal.

6.2.1 Resultaat van de groepenanalyse

In het materiaal werden die factoren bijeengezocht, die een correlatiecoëfficiënt groter dan 0,40 bezaten (zie 3.3.1).

Op deze wijze werden 35 'subgroepen' onderscheiden, waarvan de belangrijkste zijn terug te voeren op complexen van factoren, 'hoofdgroepen', die

1. bestaan uit waarnemingen aan het gewas (groepen: gewas),
2. samenhangen met het vochthoudend vermogen van de grond en het tijdens de proef daarin aanwezige water (groepen: water en vocht),
3. wijzen op het adsorberend en gedeeltelijk ook op het vochthoudend vermogen van de grond (groepen: adsorptie).

De factoren die met de opbrengst een samenhang vertoonden, zijn ter verkrijging van een inzicht in het materiaal in tabel 4 als volgt gegroepeerd:

- a. naar afnemende grootte van de correlatiecoëfficiënt,
- b. naar groepen met verschillende gemeenschappelijke factoren.

De rangschikking naar groepen werd gekozen, daar op statistische gronden niet uit te maken is, welke van de factoren uit één groep de werkelijke oorzaak was van de verandering in opbrengst.

De opbrengst, gemeten aan 30 planten per proefplek, toonde een duidelijke samenhang met de andere waarnemingen aan het gewas. Ziekten bleken een voorname rol te spelen bij de opbrengst, ondanks de vrij gebrekkige schattingscijfers vertoonden deze een nauwe samenhang met de opbrengst. De correlaties met de overige factoren waren niet groot.

Tussen de twee reeksen waarderingscijfers voor de verwerkingskwaliteit, gegeven op 20-12-1955 en 27-4-1956, was de correlatiecoëfficiënt $+ 0,90$. Deze zeer hoge waarde rechtvaardigt het de verdere beschouwingen te beperken tot de kwaliteitswaardering op 20-12-1955.

Het blijkt, dat de verwerkingskwaliteit met geen enkele factor een hoge correlatie vertoont. Indien men zou aannemen dat het een aselechte steekproef met normaal verdeelde stochastische variabelen betrof, zou maar een beperkt aantal factoren statistisch betrouwbaar gecorreleerd zijn met de kwaliteit (bij $P = 0,05$ is de correlatiecoëfficiënt 0,11).

Ter verkrijging van een inzicht in het materiaal zijn deze correlatiecoëfficiënten in volgorde van afnemende grootte in tabel 5 opgenomen met de bijbehorende groepen.

6.2.2 Resultaat van de aspectenanalyse

Een gewijzigde factoranalyse, hier aspectenanalyse genoemd, werd uitgevoerd op 59 factoren (zie 3.3.2). Uit de oorspronkelijke correlatiematrix van 70 factoren werden enkele factoren weggelaten, namelijk die welke onderling een zeer hoge correlatie vertoonden zonder dat daaruit nieuwe informaties waren te verwachten, zoals de

Tabel 4. Rangschikking van factoren binnen groepen en van groepen naar afnemende correlatie met opbrengst

Correlatie-coëfficiënt	Factor	Subgroep	Factoren binnen subgroep ¹									
HOOFD-GROEP: WAARNEMINGEN AAN HET GEWAS/												
Main cluster: Crop observations												
+ 0,70	55	stand (state of crop) april 1955	gewas (crop)	I	42	43	44	55	56	57	58	59 63
+ 0,70	57	diameter april 1955		" I								
				" II					56	57	58	63 64
				" I, II								
				" III					56		58	63 64 65
+ 0,70	58	diameter juni (June) 1955		" I, II, III								
+ 0,69	56	stand (state of crop) juni (June) 1955		" I								
+ 0,66	59	% vruchtzetting / fruitsetting		" II, III								
+ 0,63	64	% A / fruits of first quality		" III								
+ 0,56	65	% B / disfigured fruits		" I								
+ 0,55	44	regelmaat stand (regularity of growth) april 1955		" I								
— 0,47	43	% uitval (missing plants) juni (June) 1955		" I								
— 0,41	42	% uitval (missing plants) maart (March) 1955		" I								
ZIEKTEN / Diseases and pests												
— 0,36	51	meeldauw (Sphaerotheca macularis) juli (July) 1955			40	51						
— 0,33	49	aaltjes (Aphelenchoides frag.) juni (June) 1955			49	56						
HOOFD-GROEP: WATER EN VOCHTHOUDEND VERMOGEN / Main cluster : Water supply and moisture holding capacity												
+ 0,31	40	verdrogingscijfer (marking for withering) juli (July) 1955	water	I					39	40	66	71
				" II					39	40	71	73
				" I								
				" III					35	39	66	71
				" IV					39	66	67	71
+ 0,30	66	gem. oogstdatum / lateness to 50% harvest	Subcluster									
Factors within subcluster												
Correlatie-coëfficiënt No.	Factor											

Cor- relatie- coëff- ciënt	Fac- tor no.	Factor	Subgroep	Factoren binnen subgroep ¹	
+ 0,22	39	gew. (weight) % water, in laag (in layer) 5-20 cm juli (July) 1955	water I, II, III, IV vocht (moisture) I " II " III water IV water I, II, III, IV vocht (moisture) I, II, III	9 23 24 35	29 32 33 29 32 33 71 73 0-50 μ 71 73 0-50 μ 71 72
+ 0,21	67	snelheid oogst / rate of ripening			
+ 0,21	71	gew. % beschikbaar vocht, juli (weight % available moisture, July) in 5-20 cm			
- 0,20	35	grondwaterstand (watertable) maart (March) 1955	water III vocht (moisture) III		
WINDSCHADE / Wind damage					
- 0,29	54	windschade (wind damage) april 1955		54 57	
VERZORGING / Degree of cultivation					
+ 0,26	46	verzorging (degree of cultivation) april 1955		46 55	
HOOFDGROUP: ADSORPTIE EN VOCHTHOUDEND VERMOGEN / Main cluster: Adsorption and moisture holding capacity					
+ 0,25	33	N-totaal (N-total) % in laag (in layer) 0-20 cm	vocht (moisture) I, II		
			adsorpt. I	4 9	29 32 33 73 0-50 μ
			" II		32 33 0-50 μ
			" III	4 15	33
			" IV	15 23	33
			vocht (moisture) I, II		
			adsorpt. I, II		
			" V	4 9 10	29 32 0-50 μ
			" VI	29 31 32	73 0-50 μ
+ 0,22	29	% < 16 μ in laag (in layer) 0-20 cm			

+ 0,20	11	% 0-50 μ op 70-80 cm diepte / on 70-80 cm depth	
+ 0,19	10	% 0-50 μ op 50-60 cm diepte / on 50-60 cm depth	adsorpt. V
+ 0,19	73	vochtoudend vermogen (water holding capacity)	
		pF 2,0-pF 4,2, vol. % 0-20 cm	water II
			vocht (moisture) I, II
			adsorpt. I, VI
			24 25
		FOSFAAT / Phosphate	
+ 0,22	25	P-citr (logar.) in laag (in layer) 0-20 cm	
		ZUURGRAAD / pH	
+ 0,20	21	pH-H ₂ O in laag (in layer) 0-20 cm	21 22
+ 0,19	22	pH-KCl in laag (in layer) 0-20 cm	22 28
Correlat- ion coefficient	Factor No.		Subcluster
			Factors within subcluster ¹

¹ Zie voor betekenis van nummers bijlage 1 / See for meaning of numbers appendix 1

Table 4. Classification of factors within clusters and according to clusters with decreasing size of correlation with yield

Tabel 5. Rangschikking van factoren binnen groepen en van groepen naar opnemende correlatie met de verwerkingskwaliteit bepaald op 20/12/1955

Corre- latie- coëffi- ciënt	Fac- tor	Subgroep	Factoren binnen subgroep ¹
WINDSCHADE / Wind damage			
— 0,16	54	windschade (wind damage) april 1955	54 57
BEMESTINGSTOESTAND / Nutritional status			
— 0,14	28	MgO-NaCl in laag (in layer) 0-20 cm	22 28; 27 28; 28 115
— 0,12	27	K-HCl (K ₂ O-HCl) in laag (in layer) 0-20 cm	27 29 32 33 0-50 μ
— 0,11 24 P-gehal / P-water			
WAARNEMINGEN AAN HET GEWAS / Crop observations			
+ 0,13	55	stand (state of crop) april 1955	42 43 44 55 56 57 58 59 63
+ 0,11	46	verzorging / degree of cultivation	46 55
HOOFDGRROEP: WATER EN VOCHTHOUDEND VERMOGEN / Main cluster: Water supply and moisture holding capacity			
— 0,13	66	gem. oogstdatum / lateness to 50 % harvest	39 40 66 71
HOOFDGRROEP: ADSORPTIE EN VOCHTHOUDEND VERMOGEN / Main cluster: Adsorption and moisture holding capacity			
+ 0,12	10	% 0-50 μ op 50-60 cm diepte / % 0-50 μ on 50-60 cm depth	35 39 66 71
+ 0,11	29	% < 16 μ in laag (in layer) 0-20 cm	39 66 67 71
adsorpt. V			
		adsorpt. I	4 9 10 29 32
		II	4 9 29 32 33
		V	27 29 32 33
		VI	29 32
		vocht (moisture) I	29 31 32
		II	29 32 33 39 71 73 0-50 μ
+ 0,11	8	korrelgrootte zand op 110-120 cm diepte / particle size sand on 110-120 cm depth	29 32 33 39 71 73 0-50 μ
+ 0,10	—	% 0-50 μ in laag (in layer) 0-20 cm	29 32 33 39 71 73 0-50 μ
adsorpt. I, II, V, VI			
vocht (moisture) I, II			

PLANTTIJD / Planting time	
— 0,11	41 planttijd / planting time
ZIEKTEN / Diseases and pests	
+ 0,11	53 aardbeibloesemkever / Anthrenus rubi
Correla- tion coefficient	Factor No.
	Subcluster
	Factors within subcluster ¹

¹ Zie voor betekenis van nummers bijlage 1 / See for meaning of numbers appendix 1

Table 5. Classification of factors within clusters and according to clusters with decreasing size of correlation with processing quality

waarnemingen aan het gewas in juni-juli, daar de opbrengst een voldoende maatstaf leverde voor de verschillen tussen de percelen.

De berekening van de componentenanalyse leverde drie hoofdcomponenten op met de lengten (eigenwaarden) $\lambda_1 = 8,15$; $\lambda_2 = 4,86$; $\lambda_3 = 4,37$. Gezien het aantal factoren dat inhoudt, dat het totaal aan eigenwaarden 59 bedraagt, waren deze eigenwaarden laag. In het eerste aspect was de aspectwaarde gemiddeld 0,37 en in het derde 0,27. In de eerste drie aspecten was aan eigenwaarde totaal 17,38 geconcentreerd, d.i. 29% van het gehele materiaal. Een schatting van de eigenwaarde van het vierde aspect lag tussen 3,1 en 2,6. Deze lage waarde deed besluiten de berekening te beëindigen.

De resultaten van de aspectenanalyse vóór assendraaiing zijn te vinden in tabel 6.

Aspect I bevat hoge waarden voor de factoren welke samenhangen met het adsorptievermogen en het vochthoudend vermogen van de grond. De belangrijkste

Tabel 6. Resultaten van aspectenanalyse

Factor nr.	Aspectwaarden $\times 100$		
	I	II	III
PROFIELBESCHRIJVING / Characterization of soil profile			
4 korrelgrootte zand op (particle size of sand at) 30- 40 cm diepte / depth	— 57	— 39	+ 06
6 korrelgrootte zand op „ 70- 80 cm diepte „	— 15	— 22	— 25
8 korrelgrootte zand op „ 110-120 cm diepte „	— 08	— 27	— 17
9 leem op (loam content, 0-50 μ , at) 30- 40 cm diepte / depth	+ 66	+ 29	— 20
10 leem op „ 50- 60 cm diepte „	+ 59	+ 26	— 11
11 leem op „ 70- 80 cm diepte „	+ 43	+ 08	+ 09
12 leem op „ 90-100 cm diepte „	+ 34	+ 01	+ 09
13 leem op „ 110-120 cm diepte „	+ 26	+ 11	+ 15
14 dikte humuslaag / thickness of humic layer	+ 12	+ 25	+ 47
15 % humus op (% organic matter at) 30- 40 cm diepte / depth	+ 36	+ 43	+ 07
16 % humus op (% organic matter at) 50- 60 cm diepte „	+ 20	+ 30	+ 29
CHEMISCHE GEGEVENS (Chemical data) 0-20 cm			
21 pH-water	+ 19	— 18	— 32
23 humus % / % organic matter	+ 61	+ 29	— 08
24 P-getal / P-water	— 08	+ 10	+ 56
25 P-citr / P-citric acid	+ 24	+ 05	+ 31
27 K-HCl / K_2O-HCl	+ 50	+ 16	— 23
28 MgO-NaCl	+ 30	+ 01	— 43
33 N-totaal (N-total) % $\times 100$	+ 70	+ 29	+ 09
34 N-water % $\times 1000$	+ 15	+ 26	— 01
GRANULAIRE SAMENSTELLING (Mechanical soil analysis) 0-20 cm			
29 % < 16 μ	+ 76	+ 26	+ 02
31 % 50-90 μ	+ 46	+ 24	+ 16
% 0-50 μ	+ 76	+ 34	+ 02
WATERHUISHOUDING / Water supply			
35 grondwaterstand (watertable) in cm: maart / March	— 27	+ 34	+ 66
37 grondwaterstand „ in cm: juli / July	+ 20	+ 41	+ 42
Factor	I	II	III
No.	Loadings $\times 100$		

Factor	Aspectwaarden $\times 100$		
nr.	I	II	III
38 verschil id. juli-maart / <i>difference id. July-March</i>	+ 39	+ 22	+ 02
71 gew. % beschikbaar vocht, juli (<i>weight % available moisture, July</i>) in 5-20 cm	+ 63	— 06	— 61
72 vochtindex juli (<i>moisture index July</i>) in 5-20 cm	0	— 39	— 70
73 vochthoudend vermogen (<i>water holding capacity</i>) pF 2,0-pF 4,2, vol. % 0-20 cm	+ 76	+ 35	+ 10
40 verdrogingscijfer / <i>marking for withering</i>	+ 58	— 17	— 25
STAND EN OPBRENGST VAN HET GEWAS / <i>State and yield of the crop</i>			
41 planttijd (<i>planting time</i>) in 1954	0	+ 16	— 14
42 uitval % in maart 1955 / <i>% plants fallen out March 1955</i>	— 30	+ 51	— 01
44 regelmaat stand april 1955 / <i>regularity of growth April 1955</i>	+ 49	— 53	+ 15
55 stand april 1955 / <i>state of crop April 1955</i>	+ 47	— 66	+ 26
57 middellijn planten april 1955 (<i>diameter plants April 1955</i>) in cm	+ 47	— 61	+ 38
59 vruchtzetting (<i>fruitsetting</i>) %	+ 41	— 52	+ 31
63 opbrengst (<i>yield</i>) in hg per plant	+ 56	— 61	+ 25
64 % kwaliteit A / <i>% fruits first quality</i>	+ 37	— 39	+ 33
65 % kwaliteit B / <i>% disfigured fruits</i>	— 27	+ 35	— 41
66 aantal dagen na 26 juni waarop 50% is geoogst / <i>lateness to 50% harvest (days after 26 June)</i>	+ 53	— 12	— 47
67 aantal dagen tussen 25% en 75% van de oogst / <i>rate of ripening (days from 25% to 75%)</i>	+ 41	— 05	— 41
69 verwerkingskwaliteit (<i>processing quality</i>) 20/12'55	+ 03	— 06	+ 06
70 verwerkingskwaliteit „ 27/4'56	— 01	— 03	+ 08
BEMESTING / <i>Fertilization</i>			
77 stalmest naj. '53-voorj. '54 / <i>farmyard manure autumn '53-spring '54</i>	— 08	— 13	+ 20
108 kunstmest (<i>fertilizer</i>) N in 1954	+ 03	+ 05	— 13
109 kunstmest „ P in 1954	+ 03	— 10	— 02
110 kunstmest „ K in 1954	+ 08	+ 01	— 14
111 kunstmest „ Mg in 1954	+ 07	0	— 03
112 kunstmest „ N in voorjaar (<i>in spring</i>) 1955	— 10	— 11	— 23
113 kunstmest „ P in voorjaar „ 1955	— 04	0	— 23
114 kunstmest „ K in voorjaar „ 1955	— 05	— 02	— 25
115 kunstmest „ Mg in voorjaar „ 1955	— 11	— 02	— 19
ZIEKTEN, PLAGEN EN SCHADEN / <i>Diseases, pests and damages</i>			
46 verzorging april 1955 / <i>degree of cultivation April 1955</i>	+ 20	— 35	+ 13
48 spint, <i>Tetranychus urticae</i> , juni (<i>June</i>) 1955	— 10	+ 22	+ 18
49 aaltjes, <i>Aphelenchoides fragariae</i> , id.	— 11	+ 38	— 11
50 virus, id.	— 12	+ 25	+ 03
51 meeldauw, <i>Sphaerotheca macularis</i> , juli (<i>July</i>) 1955	— 30	+ 31	— 10
52 <i>Verticillium albo-atrum</i> , juni (<i>June</i>) 1955	— 07	+ 03	+ 06
53 aardbeibloesemkever, <i>Anthonomus rubi</i> , id.	+ 04	— 06	+ 06
54 windschade (<i>wind damage</i>) april (<i>April</i>) 1955	— 25	+ 23	— 30
Factor	I	II	III
No.	Loadings $\times 100$		

Table 6. Results of factor analysis

daarvan zijn: korrelgrootte, leemgehalte, humusgehalte, N-totaal, % afslibbaar, % 0-50 μ , vochtmonster in juli als A-cijfer-pF 4,2 in gewichts % en vochtcapaciteit. De opbrengst vertoonde in aspect I een vrij hoge waarde (+ 0,56). Nu geeft verenigvuldiging van twee aspectwaarden binnen een aspect een indruk van de binnen dat aspect aanwezige samenhang tussen twee factoren. Zo wordt een positieve samenhang gevonden tussen opbrengst en de bovengenoemde factoren met hoge aspectwaarden, die het karakter van het aspect I bepaalden. Aan de hand van de berekening van de 'inwendige' produkten binnen aspect I kan verder worden geconcludeerd dat op de gronden met meer slib en humus de planten groter waren en de stand van het gewas beter en regelmatig was. De verdroging van het gewas was op die gronden geringer. De oogst viel daar later en liep minder snel af. Op gronden met een beter vochthoudend vermogen leverde het gewas een hoger percentage grote vruchten. Op dergelijke gronden met meer slib en humus trad een sterkere daling van het grondwater op.

Aspect II berust op het complex van waarnemingen aan het gewas. Een hoge opbrengst van 30 'goede' planten per perceel ging samen met een geringere uitval en een regelmatig stand van het gewas. Een goede opbrengst bestond uit grote en goed gevormde vruchten. Naarmate de grondwaterstand lager was in maart en juli, nam de opbrengst af. Een laag vochtbergend vermogen van de grond was een ongunstige omstandigheid. Een lagere opbrengst werd ook gevonden op percelen met aaltjes in het gewas of bij sterke aantasting door meeldauw.

In aspect III kwamen die factoren naar voren, die samenhangen met een hoog vochtgehalte van de bouwvoor in juli. Dit hoge vochtgehalte werd gevonden op die percelen, waar de grondwaterstand in maart en juli hoog was. Een hoog vochtgehalte betekende een gemiddeld latere oogst en een langzamer verloop van de oogst. Een minder goede vruchtzetting (% B) werd waarschijnlijk in de hand gewerkt. Vochtige gronden hadden een lager P-getal, hetgeen zou kunnen worden toegeschreven aan een hoger gehalte aan het tweewaardige ijzerion.

Voor de vraag welke factoren de grootte van de oogst bepaalden, zijn de aspecten I en II het meest van belang.

Het verband van de opbrengst met de gegeven bemesting was gering. Stalmest gegeven in najaar 1953 of voorjaar 1954, vertoonde nog de meeste samenhang.

De ziekten aaltjes, meeldauw, virus en spint vertoonden in deze volgorde in aspect II een afnemende negatieve samenhang met de opbrengst. Ook windschade had een negatieve invloed op de opbrengst.

Door draaiing van de assen onderling werd nu naar een 'eenvoudige structuur' gezocht (THURSTONE, 1953; zie 3.3.2).

As I en II hadden na draaiing onderling een hoek van 76° , as I en III een hoek van 80° , terwijl de assen II en III praktisch loodrecht op elkaar bleven staan. In de figuren 2a, 2b en 2c zijn de assen duidelijkheidshalve loodrecht op elkaar getekend.

In figuur 2a met assen I en II bleek de ligging van as I in hoofdzaak door de zwaarte en het humusgehalte van de grond bepaald te worden (0-50 μ , <16 μ ,

vochtcapaciteit, leemgehalte, humus, N-totaal). De variabelen die de ligging van as II in hoofdzaak bepaalden en die dus als groep een geringe correlatie met as I vertoonden (een hoek van 76° , correlatiecoëfficiënt 0,25), waren de kwaliteitskenmerken voor de ontwikkeling van het gewas: opbrengst, middellijn en stand van het gewas, % grote vruchten en % misvormde vruchten.

Volgens figuur 2b met assen I en III is het niet gelukt een duidelijke scheiding in de groeperingen te krijgen langs de assen. De factoren voor de zwaarte van de grond lagen ruim verspreid om as I. As III werd bepaald door de factoren die het vochtgehalte van de bouwvoor vastlegden: vochtindex, grondwaterstand juli, grondwaterstand maart en dikte van de humuslaag.

In figuur 2c met assen II en III werd een vrij duidelijke groepering om de twee assen bereikt. Het resultaat geeft aan dat het gewas, als totaal weerspiegeld in opbrengst en standcijfers, een vrij geringe correlatie vertoonde met de factoren voor het vochtregime. Dit volgt uit de rechte hoek tussen de beide assen. Zoals later zal blijken gelukt het in de polyfactoranalyse pas na splitsing van de gronden in zandgronden en leemhoudende zandgronden een verband aan te tonen tussen de opbrengst en de grondwaterstand in maart en in juli, waarbij nog met een interactie met de zwaarte van de grond rekening moet worden gehouden.

Fig. 2. Aspectanalyse na scheve assendraaiing tot eenvoudige structuur (tweedimensionale, schematische weergave met rechte hoeken)

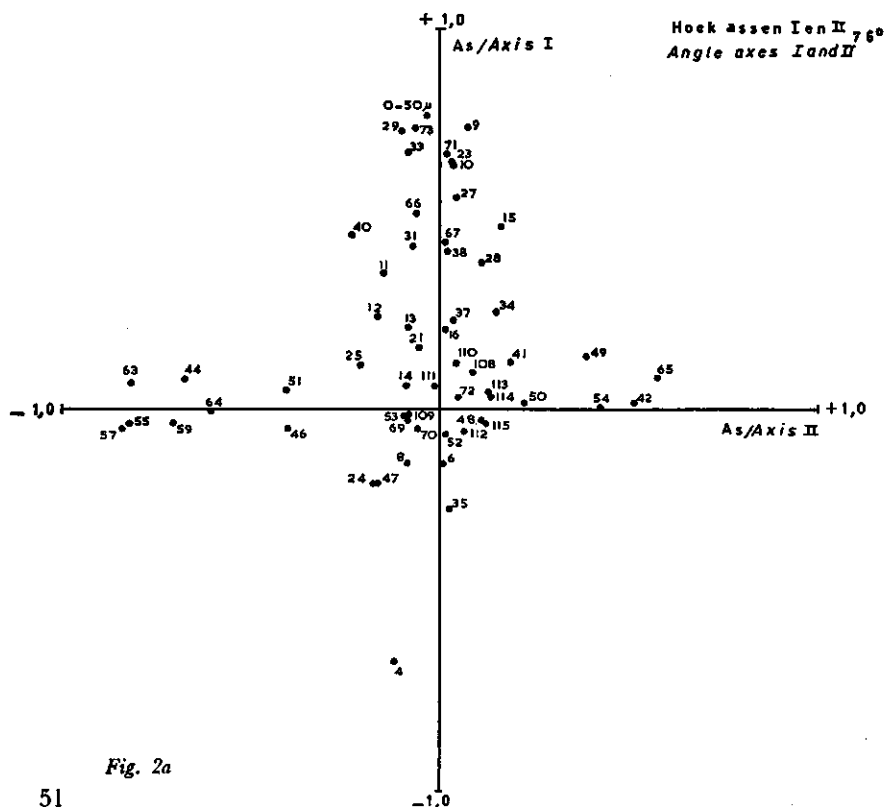


Fig. 2a

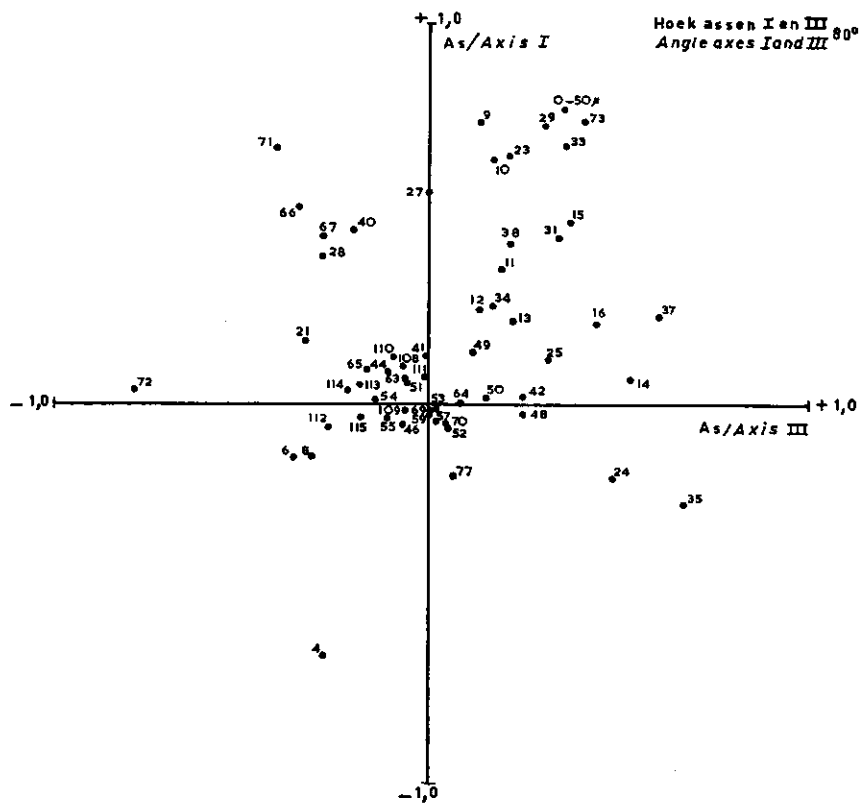


Fig. 2b

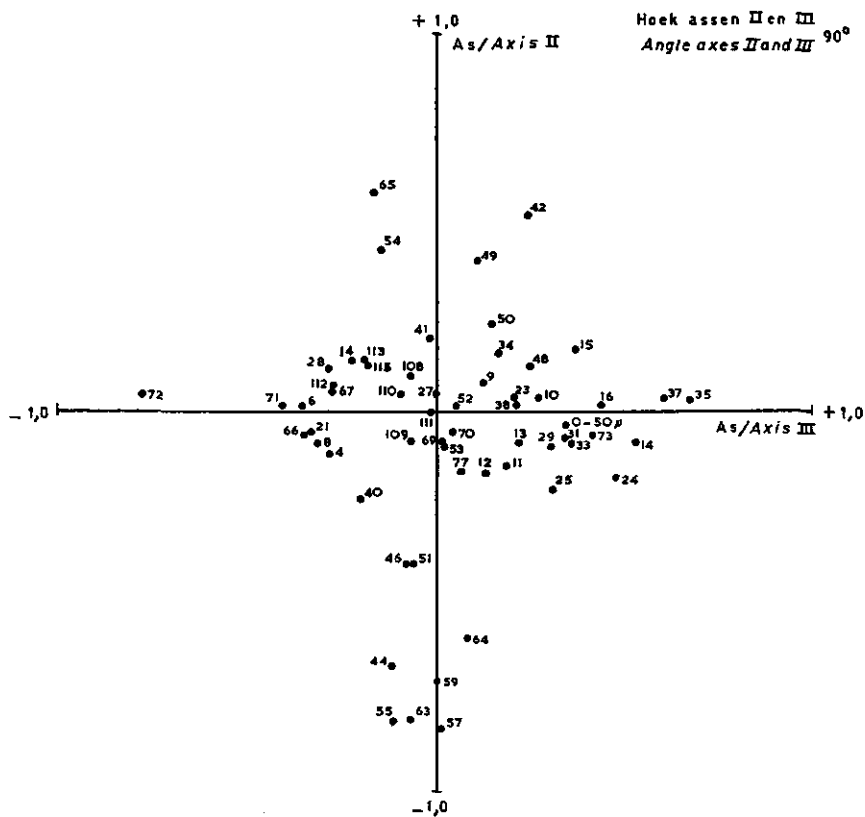


Fig. 2c

Fig. 2. Factor loadings after oblique axis rotation into a simple structure (two-dimensional schematic configuration with right angles)

7 Invloed van afzonderlijke factoren op het gewas

Alvorens over te gaan op de polyfactoranalyse en de multiële rechtlijnige regressieberekening, waarin de invloed van de diverse factoren op de opbrengst gezamenlijk wordt bestudeerd, is het zinvol enkele van die factoren afzonderlijk te bespreken. Hiertoe behoren de factoren die een discontinue verdeling vertonen, ziekten, resultaten van bemestings- en bespuitingsproeven en de factoren die betrekking hebben op de waterhuishouding van de aardbeipercelen.

7.1 Discontinue variabelen

7.1.1 Kwaliteit van het uitgangsmateriaal

Door middel van de enquête werden inlichtingen ingewonnen over de kwaliteit van de uitgeplante aardbeien. Volgens SLITS (1954) is de produktie per hectare sinds 1947 regelmatig gestegen, wat in hoofdzaak aan de invloed van selectie is toe te schrijven: de gemiddelde opbrengst kwam van 24 kg/are in 1947 op 60 kg in 1953.

Op vijf percelen werd selectiemateriaal aangetroffen rechtstreeks van selectiebedrijven afkomstig naast door de tuinder vermeerderd materiaal. De opbrengst van het eerste materiaal was in vier van de vijf gevallen hoger en bedroeg gemiddeld 337 g per plant in vergelijking met 277 g per plant van niet van vermeerderingsbedrijven afkomstig materiaal. De opbrengst door strenge selectie was dus 22 % hoger.

In het gehele proefplekkenmateriaal werd onderzocht, of daar de invloed van selectie op de opbrengst ook duidelijk was. Niet van selectievelden afkomstig plantmateriaal was uitgezet op 124 van de 353 veldjes (35 %). Op 49 veldjes waren de planten rechtstreeks van selectievelden afkomstig (14 %) en op 180 veldjes stonden de planten die door de tuinders waren opgekweekt uit vroeger van selectievelden afkomstig materiaal (51 %). Zoals reeds werd uiteengezet, zijn de percentages niet geheel representatief voor de omstandigheden in Zundert (geen volgens toeval uitgevoerde steekproef; meer veldjes per perceel op de proefvelden).

Het materiaal werd gesorteerd naar de herkomst der aardbeien (tabel 7). De mediaan per groep waarnemingen aan het gewas geeft aan dat plantmateriaal, afkomstig van selectiebedrijven, iets gevoeliger zou zijn voor uitval. Misschien is dit een gevolg van het slechtere aanslaan na het uitplanten door schade tijdens de verzending. De planten rechtstreeks afkomstig van selectie vertoonden een regelmatigere stand dan die van eigen of vroeger geselecteerd materiaal. De nieuw geselecteerde

planten groeiden forser en hadden gemiddeld een betere stand. De weelderige groei bracht over het algemeen een iets latere gemiddelde oogstdatum teweeg.

De opbrengst van aardbeien van eigen materiaal was een klasse lager. Het nieuwe plantmateriaal gaf grotere vruchten met een geringer aantal misvormingen (% B). Hierbij dient evenwel te worden opgemerkt, dat een kloon van vroeger geselecteerd materiaal in 1955 een misoogst gaf doordat, ondanks een zeer goede stand, de vruchtzetting volkomen faalde. Deze selectie (stam S 54) werd buiten beschouwing gelaten.

Het selectiemateriaal had over het algemeen wel de verwachte invloed. Maar bij de vele factoren, die de groei en opbrengst beïnvloedden, viel de orde van grootte van het verschil tussen al of niet selecteren tegen. Bij de verdere bewerking werd het proefveldmateriaal daarom niet naar selectie gesplitst (zie ook 3.1.2).

Tabel 7. Ontwikkeling van aardbeiplanten van verschillende selecties

Materiaal	% uit- val	Regel- maat stand april	Stand in april	Diam. planten in apr. in cm	Gem. oogst- datum (dagen)	Opbr. in hg per plant	% A: vruchten > 2 cm	% B: on- volledig gezet
zelf gekweekt materiaal / self selected stock	8	6	7	21	11,5	2,2	55	23
nateelt van selectie- materiaal / multiplication of breeding stock	10	6	7	22	11,5	2,5	55	18
selectiemateriaal / breeding stock	10	7	7,5	25	12,5	2,5	65	18
Material	% dead plants	Regu- larity of crop April	State of crop in April	Diam. plants in Apr. in cm	Lateness to 50% harvest (days)	Yield in hg per plant	% A: fruits first qual.	% B: mis- shapen fruits

Table 7. Development of strawberry plants from various selections

7.1.2 Vruchtwisseling en opbrengst

De voorvrucht van de aardbei is van belang. Deze kan op verschillende wijze invloed uitoefenen: door verhoging van het humusgehalte, door nalevering van stikstof, door verbetering of verval van bodemstructuur, door vervuiling van het land en door vermeerdering van het aantal ziektekiemen.

Aan de tuinders werd gevraagd, hoeveel maal in de laatste tien jaar aardbeien waren geplant op het desbetreffende perceel. Herhaald planten van aardbeien brengt het risico mee, dat bodemziekten zich vermeerderen en de teelt van de aardbei benadelen. Het proefveldmateriaal werd gesorteerd naar frequentie van de aardbeienteelt. Het aantal jaren dat de aardbei achtereen werd geteeld werd echter niet genoteerd; aangenomen werd, dat dit weinig uiteenliep. Een bezwaar is, dat met deze rangschikking ook een verschil in bodem gepaard kan gaan: de aardbeienteelt in Zundert

heeft zich namelijk van de meer geschikte humus- en leemhoudende zandgronden de laatste jaren uitgebreid naar de ontginningsgronden met minder leem en humus. Een indirecte aanwijzing voor deze verschuiving volgt uit het geringer percentage uitval op de percelen waar vaker aardbeien gestaan hebben (tabel 8).

Tabel 8. De invloed van meermalige teelt van aardbeien op hetzelfde terrein op ontwikkeling en opbrengst

Aantal malen in 10 jaar	% van totaal aantal percelen	Uitvalpercent. in maart 1955	Gem. plantdiameter in april 1955 in cm	Opbrengst in hg per plant
1	69	10	22	2,5
2	18	10	22	2,3
3	8	8	22	2,5
4	5	7	20	1,5
<i>Number of plantings in 10 year</i>	<i>Number of plots as % of total</i>	<i>% dead plants in March 1955</i>	<i>Av. diameter of plants in April 1955 in cm</i>	<i>Yield in hg per plant</i>

Table 8. The influence of repeated cultivation of strawberries on the same field on development and yield

Toch bleek er een aanwijzing te zijn, dat vaak telen van de aardbei op hetzelfde perceel nadelig kan zijn. De middellijn van de planten geschat in april 1955 was kleiner en de opbrengst lag lager op de percelen met vier maal aardbeien in de laatste tien jaren. Dit zou kunnen wijzen op toename van de bodemziekten met een grotere schadelijke werking op het gewas.

De gevonden invloed was overigens niet erg sprekend, hoewel liggend in de lijn van de verwachting. Drie maal telen van aardbeien in tien jaar zou volgens dit materiaal nog geen bezwaar ontmoeten.

Opmerkelijk was, dat soms op jonge ontginningsterreinen uitstekende percelen aardbeien werden aangetroffen. Hierbij was men uitgegaan van geselecteerd, ziektevrij materiaal. De bodem was hierbij nog 'gezond'. Ook VAN LIERE (1950) ontmoette dergelijke gevallen. Hij voorspelde een sterke achteruitgang na enkele jaren, o.a. door het verteren van de plag en het optreden van ziekten. Ziekten breiden zich op minder geschikte gronden sneller uit, doordat daar gemakkelijk groeistagnatie optreedt.

7.2 Optreden van ziekten

De invloed van de ziekten op de opbrengst werd bestudeerd met toepassing van ponskaarten. Er werden tweedimensionale frequentietabellen opgesteld voor opbrengst tegen de schattingscijfers, gegeven in juni. De resultaten zijn weergegeven in tabel 9.

In het voorjaar 1955 werd slechts een geringe aantasting door *Verticillium albo-atrum* gevonden, namelijk op 7 % van de percelen. Op 21 % van de percelen werden planten aangetroffen met verschijnselen van *virus* in het blad. Het grootste gedeelte van deze zieke percelen had slechts een geringe aantasting. Aaltjes *Aphelenchoides fragariae* met een op het oog zichtbaar ziektebeeld kwamen voor op 29 % van de

Tabel 9. Aantasting der percelen (in % van het totaal aantal) in 7 beoordelingsklassen en de daarbij behorende gemiddelde opbrengst van de 30 beste planten van de 50 per proefplek


	Aard van de aantasting									
	spint		aaltjes		virus		meeldauw		verticillium	
	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant
MATE VAN AANTASTING / Degree of attack										
geen / none	43	2,5	71	2,5	79	2,5	3	3,2	93	2,5
uiterst laag / extremely low									4	3,2
zeer laag / very low	34	2,5	14	2,5	18	1,8	10	3,0	3	1,8
laag / low	18	2,3	9	2,2	2	2,2	37	2,5	0	
matig / moderate	3	1,8	3	1,5	1	1,8	32	2,2	0	
hoog / high	2	1,5	3	1,2			16	1,8	0	
zeer hoog / very high							2	2,2	0	
CORRELATIECOËFFICIËNTEN / Correlation coefficients										
aantasting-opbrengst / attack-yield	— 0,15* 	— 0,33***	— 0,17*	— 0,36***	— 0,07					
	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant	% hg/plant
	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Aphelenchoides fragariae</i>	<i>virus</i>	<i>Sphaerotheca macularis</i>	<i>Verticillium albo-atrum</i>					
	Nature of disease									

Table 9. Infection of plots (in % of total number of plots) in 7 degrees, and the corresponding average yields of the 30 best plants out of 50 per plot

proefplekken. Op meer dan de helft van de in de proef betrokken velden kwam spint *Tetranychus urticae* voor, meestal niet van ernstige aard. Tijdens de pluk was praktisch geen perceel vrij van meeldauw *Sphaerotheca macularis*, waarbij het grootste deel van de akkers echter slechts weinig tot matig was aangetast. Er kwamen echter ook ernstige gevallen voor, waarbij niet alleen het blad geheel 'vergrijsd' was maar ook de vruchten, die daarbij klein bleven en 'verdroogden'.

Het verband tussen de opbrengst en *Verticillium* was niet duidelijk; alleen was in de klasse van zeer geringe aantasting de opbrengst lager. De zeldzaamheid en de geringe mate van aantasting maakten het vinden van een samenhang moeilijk. Bovendien waren de zieke planten duidelijk te herkennen en gemakkelijk af te zonderen, zodat de opbrengstbepaling in hoofdzaak aan de uiterlijk 'gezonde' planten plaats had.

Door de virusaantasting daalde de opbrengst gemiddeld van 2,5 tot 2,0 hg per plant, een opbrengstdaling van 20 %.

De schade aan de plant door aaltjes was groter. In ernstige gevallen daalde de opbrengst van 2,5 tot 1,5-1,2 hg per plant. In de polyfactoranalyse wordt de invloed van de aaltjesaantasting nader geanalyseerd.

Een verminderde opbrengst werd ook gevonden op de percelen met spint. Hier

ging de reductie van 2,5 hg voor gezonde planten tot 1,5 hg per plant voor zieke (40 % lager).

De meeldauwaantasting veroorzaakte een daling in de opbrengst van gemiddeld 3,2 hg van gezonde planten tot 2,0 hg per plant voor zieke planten. In de correlatieberekening werd een correlatiecoëfficiënt van $-0,36^{***}$ gevonden tussen opbrengst en meeldauwaantasting. Met de polyfactoranalyse wordt de schadelijke invloed van de meeldauw verder uitgewerkt.

De aardbeibloesemkever *Anthonomus rubi* trad massaal op en deed hoge percentages bloemen verloren gaan zoals tabel 10 aangeeft. Er werd echter geen verband tussen de beschadiging en de uiteindelijke opbrengst geconstateerd (correlatiecoëfficiënt $-0,00$).

Tabel 10. Verdeling van het aantal proefplekken naar het verlies aan bloemen door de aardbeibloesemkever

Verlies aan bloemen in %	% aangetaste percelen
20-29	6
10-19	27
1- 9	41
0	26
Loss of flowers in %	% infected plots

Table 10. Number of plots divided into losses of flowers caused by *Anthonomus rubi*

Het effect van de windschade op de opbrengst daarentegen was duidelijk aanwezig (correlatiecoëfficiënt $-0,29^{**}$). De verdeling van de windschade over de percelen was als volgt (tabel 11):

Tabel 11. Verdeling van het aantal proefplekken naar de mate van windschade in april 1955

Windschade	% aangetaste percelen
zeer veel / heavy	7
veel / high	32
matig / moderate	11
weinig / some	10
zeer weinig / little	34
geen / none	6
Wind damage	% plots with damaged plants

Table 11. Number of plots divided into degrees of wind damage in April 1955

De correlaties van de ziekten onderling zijn in tabel 12 aangegeven.

Een beschouwing van de berekende correlatiecoëfficiënten laat alleen een betrouwbare hoewel niet sterke samenhang zien tussen het optreden van spint en *Verticillium*. Het besproken verband tussen de opbrengst en een bepaalde ziekte is dus niet verstoord door correlaties met de andere waargenomen ziekten.

Tabel 12. Correlatiecoëfficiënten tussen de schattingscijfers voor plagen en ziekten

Factor nr.	49 <i>Aphel. frag.</i>	50 <i>Virus</i>	51 <i>Sphaer. mac.</i>	51 <i>Vert. albo- atrum</i>	53 <i>Anth. rubi</i>
48 spint / <i>Tetranychus urticae</i>	+ 0,04	+ 0,18	+ 0,05	+ 0,22	+ 0,08
49 aaltjes / <i>Aphelenchoides fragariae</i>		+ 0,16	+ 0,11	+ 0,05	— 0,06
50 virus			+ 0,15	— 0,07	— 0,07
51 meeldauw / <i>Sphaerotheca macularis</i>				— 0,06	+ 0,03
52 <i>Verticillium albo-atrum</i>					— 0,01
Factor No.					

Table 12. Correlation coefficients between estimates for diseases and pests

7.3 Chemische bodemvruchtbaarheidsfactoren

7.3.1 Invloed van stikstof

In juni, juist voor de pluk, werden grondmonsters gestoken en onderzocht op in water oplosbare stikstof. Het N-watercijfer varieerde van 0 tot 9 mg per 100 g droge grond; gemiddeld over alle proefplekken was het 1.6. Dit cijfer is een 'momentopname'. Het is aan grote schommelingen onderhevig (HARMSSEN, 1962).

Het is niet verwonderlijk, ook al niet wegens de geringe stikstofbehoefte van de aardbei, dat er geen betrouwbaar verband gevonden werd met de opbrengst (correlatiecoëfficiënt $-0,09$). Bovendien zal een matige stand de tuinder aanleiding gegeven hebben, nog juist voor de bloei bij te bemesten. Er werd namelijk in 54 % van de gevallen juist voor de pluk bijgemest. De van deze bemesting achtergebleven stikstof zal het eventueel bestaande positieve verband tussen opbrengst en het cijfer voor N-water nog hebben verstoord en misschien wel in het tegendeel hebben veranderd.

Ondanks de grote variatie in de totale hoeveelheid stikstof gegeven in de winter 1954/1955 (0-310 kg stikstof per ha) kon geen duidelijk verband met de opbrengst worden vastgesteld. Er was zelfs tussen de opbrengst en de stikstofbemesting in het voorjaar (zonder de gift juist voor de pluk) een zwak negatief verband (correlatiecoëfficiënt $-0,12$). Er werd blijkbaar meer stikstof gegeven, naarmate de stand van de aardbeien slechter was. De aardbei reageerde hier echter niet zodanig op dat achteraf een positief verband werd gevonden.

7.3.2 Invloed van fosfaat en kali op bemestingsproefvelden

Voor fosfaat en kali werd wegens reeds eerder genoemde redenen (zie 3.1.1) voor elk voedingselement een reeks van acht proefveldjes aangelegd bij een toenemend gehalte van de grond aan het onderzochte element. Elk proefveld bestond uit vier veldjes: twee ervan ontvingen geen fosfaat of geen kali, op de beide andere werd

superfosfaat gegeven naar 100 kg P_2O_5 /ha resp. patentkali naar 150 kg K_2O /ha. Op de kaliproefvelden werd de magnesiumbemesting met kiesriet aangevuld op de 0 K-veldjes. De bemestingsnormen waren als volgt (tabel 13):

Tabel 13. Bemestingshoeveelheden op de proefvelden

Kunstmestsoort	Hoeveelheid per bemestingsperiode in kg/ha		
	30/3-7/4 1955	11-12/8 1955	voorjaar 1956
kalkammonsalpeter / nitrochalk	40 N	60 N	40 N
superfosfaat / superphosphate	100 P_2O_5	60 P_2O_5	60 P_2O_5
patentkali / sulphate of potash-magnesia	150 K_2O		
zwavelzure kali / sulphate of potash		125 K_2O	80 K_2O
patentkali en kiesriet / sulphate of potash-magnesia and magnesium sulphate	60 MgO		
	30/3-7/4 1955	11-12/8 1955	spring 1956
Type of fertilizer	Fertilizer quantity per period in kg/ha		

Table 13. Fertilizer quantities on experimental fields

De meststoffen werden tussen de plantrijen gestrooid en oppervlakkig ingewerkt. Door tegenslag bij de uitvoering van de proef had de bemesting in het voorjaar 1955 vrij laat plaats, later dan februari, zoals het plan was.

Tijdens de pluk werden 30 gezonde planten per veldje gemerkt voor de opbrengstbepaling. Tevens werden per veldje vier monsters verzameld voor onderzoek op de verwerkingskwaliteit.

Wat betreft de opbrengst, trad op de fosfaatproefvelden in 1955 gemiddeld geen reactie op fosfaat op, daarentegen in het tweede proefjaar met voor de tweede maal dragende Jucunda wel (tabel 14). Het aantal proefvelden was te gering om de relatieve opbrengst (d.i. de opbrengst van de onbemeste veldjes in procenten van die van de volledig bemeste) nauwkeurig in verband te kunnen brengen met de fosfaatrijkdom der grond. Een zeer globale grafische schatting geeft aan, dat de fosfaatbemesting in 1955 bij eenjarige Jucunda geen resultaat had als het P-getal boven 2 resp. P-citr boven 45 lag. De correlatiecoëfficiënten met P-getal en P-citr waren resp. 0,27 en 0,51.

De reactie op de kalibemesting was gering, vooral in het tweede proefjaar (tabel 15).

Bij een aardbeigewas op zandgrond zou de bemesting reeds weggelaten kunnen worden als de grond zeer weinig, dus niet meer dan circa 0,008 % K_2O bevat.

De verwerkingskwaliteit van de aardbei werd beoordeeld op 3 oktober en 20 december 1955 en 27 april 1956 in het eerste proefjaar. Voor de oogst van zomer 1956 waren de data 10 september en 20 december 1956 en 27 maart 1957. De kwaliteit werd gewaardeerd in een schaal van 0 tot 10. De cijfers van vier monsters genomen tijdens de

pluk werden gemiddeld, waarbij aan de cijfers een gewicht werd toegekend evenredig met de grootte van het cijfer. Op deze wijze werd het voorkomen van een laag beoordelingcijfer extra zwaar gerekend, om tot gelding te brengen dat een uniform produkt gewenst is.

De verwerkingskwaliteit van de aardbeien van de onbemeste veldjes was in 1955

Tabel 14. Reactie van de aardbeiplant op bemesting met fosfaat

Proef- veld no.	1955			1956		
	onbemest		opbrengst onbemest in % van bemest	onbemest		opbrengst onbemest in % van bemest
	P-getal	P-citr		P-getal	P-citr	
P 30	0,2	13	87,5	0,4	14	98,6
P 20	1,8	21	104,0	3,0	22	104,7
P 10	0,7	22	97,7	1,3	22	91,3
P 100	4,5	48	120,4	6,8	47	84,5
P 40	6,8	52	96,5	—	—	—
P 60	3,2	59	100,4	—	—	—
P 90	4,7	79	97,0	9,4	87	88,5
P 160	2,9	171	114,8	—	—	—
Gem. / Average	3,1	58	102,3	4,2	39	93,5

Exp. No.	P-citr.		yield untreated plots in % of fertilized	P-citr.		yield untreated plots in % of fertilized
	P-water	acid		P-water	acid	
	not fertilized			not fertilized		
	1955			1956		

Table 14. Reaction of strawberry plants on fertilization with phosphate

Tabel 15. Reactie van de aardbeiplant op bemesting met kali

Proef- veld no.	1955		1956	
	K-HCl % \times 1000 onbemest	opbrengst onbemest in % van bemest	K-HCl % \times 1000 onbemest	opbrengst onbemest in % van bemest
K 15	5,0	108,0	8,0	97,0
K 5	5,5	100,9	6,5	109,6
K 20	6,5	92,5	6,5	102,7
K 30	6,5	99,3	7,0	108,9
K 10	7,5	93,5	8,5	118,4
K 25	9,5	96,5	—	—
K 40	12,5	104,6	—	—
K 60	14,0	115,2	13,0	103,6
Gem. / Average	8,4	101,3	8,3	106,7
Exp. No.	$K_2O-HCl\% \times 1000$		$K_2O-HCl\% \times 1000$	
	not fertilized		not fertilized	
	yield untreated plots in % of fertilized		yield untreated plots in % of fertilized	
	1955			1956

Table 15. Reaction of strawberry plants on fertilization with potash

gemiddeld slechter, in 1956 daarentegen iets beter dan van de aardbeien van veldjes, waar wel met superfosfaat was bemest (tabel 16). In 1955 was de kwaliteit bij weglaten van de bemesting globaal genomen slechter, als het P-citr lager was dan 80. Deze conclusie staat echter weinig vast, omdat de resultaten in 1956 deze niet bevestigen en eerder het tegenovergestelde werd waargenomen.

De reactie van de kwaliteit op de kalibemesting was gering (tabel 17). In 1955 leek de kwaliteit door weglaten van de kalibemesting iets achter te blijven, als K-HCl lager was dan 0,006 %.

Tabel 16. Verwerkingskwaliteit van de vruchten en bemesting met fosfaat

Proef- veld no.	1955				1956			
	onbemest		rel. keuringscijfers in % van bemest		onbemest		rel. keuringscijfers in % van bemest	
	P-getal	P-citr	op 27/4	gem. over drie data	P-getal	P-citr	op 27/3	gem. over drie data
P 30	0,2	13	106	101	0,4	14	125	115
P 20	1,8	21	81	81	3,0	22	94	102
P 10	0,7	22	78	85	1,3	22	155	122
P 100	4,5	48	95	95	6,8	47	90	89
P 40	6,8	52	95	98	—	—	—	—
P 60	3,2	59	72	83	—	—	—	—
P 90	4,7	79	137	131	9,4	87	56	79
P 160	2,9	171	105	102	—	—	—	—
Gem. / Average	3,1	58	96	97	4,2	39	104	101
	<i>P-water</i>	<i>P-citr. acid</i>	<i>on 27/4</i>	<i>av. over three dates</i>	<i>P-water</i>	<i>P-citr. acid</i>	<i>on 27/3</i>	<i>av. over three dates</i>
	<i>not fertilized</i>		<i>quality markings un- treated in % of fertilized</i>		<i>not fertilized</i>		<i>quality markings un- treated in % of fertilized</i>	
Exp. No.	1955				1956			

Table 16. Processing quality of the fruits and fertilization with phosphate

7.3.3 Invloed van magnesium op bespuitingsproefvelden

Op 30 percelen, zo gelijkmatig mogelijk verspreid over de verschillende bodemtypen van het tuinbouwgebied Zundert, werd een bespuitingsproef met 2 % magnesium-sulfaatoplossing uitgevoerd. Elk proefveld bestond uit een bespoten veldje met 50 aardbeiplanten en een onbespoten veldje van dezelfde grootte. Bij de pluk werden weer de 30 beste planten uitgezocht.

In 1955 werd vóór de pluk twee maal gespoten, namelijk op 12 april en 2 mei. Na de oogst werden de proefveldjes zoveel mogelijk gehandhaafd, die op 23 en 24 augustus 1955 nogmaals werden bespoten. In 1956 volgden bespuitingen op 11 april, 1 mei en 6 juni. In de zomer 1955 werden in plaats van twee opgeheven proefvelden twee

andere percelen uitgezocht, deze werden vier maal met magnesium bespoten.

In 1955 en 1956 werden *standcijfers* gegeven voor het gewas op de onbespoten en de bespoten veldjes. Er werd geen verbetering van de stand waargenomen.

Gemiddeld over de 30 proefvelden, werkte de bespuiting met magnesiumsulfaat op de *opbrengst* in 1955 gunstig noch ongunstig (15 maal positief, 15 maal negatief). De opbrengst van de onbespoten veldjes was gemiddeld iets lager, namelijk 1,4%. In 1956 was er evenmin een gunstige werking van de bespuiting waar te nemen (7 maal positief, 9 maal negatief).

De relatieve opbrengst werd in verband gebracht met de chemische grondanalyse-cijfers. Het magnesiumgehalte van de grond op de proefpercelen liep uiteen van 9 tot 67 d.p.m. MgO-NaCl; het gemiddelde was 34 d.p.m. Indien de aardbei onvol-doende magnesium ter beschikking had gehad, zou een positieve correlatie te ver-wachten zijn geweest tussen relatieve opbrengst en magnesiumgehalte van de grond. Er werd echter een negatieve, statistisch niet betrouwbaar van nul afwijkende corre-latiecoëfficiënt gevonden ($r = -0,20$). Het is niet te verklaren waarom op de gronden met veel magnesium, bespuiting van het gewas met magnesiumsulfaat ongunstig zou

Tabel 17. Verwerkingskwaliteit van de vruchten en bemesting met kali

Proef- veld no.	1955			1956		
	K-HCl% \times 1000 onbemest	rel. keuringscijfers in % van bemest		K-HCl% \times 1000 onbemest	rel. keuringscijfers in % van bemest	
		op 27/4	gem. over drie data		op 27/3	gem. over drie data
K 15	5,0	80	93	8,0	67	89
K 5	5,5	75	88	6,5	123	97
K 20	6,5	116	107	6,5	125	112
K 30	6,5	100	100	7,0	77	94
K 10	7,5	103	99	8,5	94	99
K 25	9,5	103	102	—	—	—
K 40	12,5	124	105	—	—	—
K 60	14,0	100	100	13,0	155	110
Gem. / Average	8,4	100	99	8,3	107	100
		on 27/4	av. over three dates		on 27/3	av. over three dates
	$K_2O-HCl\% \times 1000$ not fertilized	quality markings un- treated in % of fertilized		$K_2O-HCl\% \times 1000$ not fertilized	quality markings un- treated in % of fertilized	
Exp. No.	1955			1956		

Table 17. Processing quality of the fruits and fertilization with potash

zijn. Evenzo was het verband tussen de opbrengst en de K/Mg-verhouding van de grond tegen de verwachting in positief ($r = +0,29$).

In 1955 en 1956 had de bespuiting met magnesiumsulfaat gemiddeld geen effect op de *verwerkingskwaliteit* van de aardbei. De waarderingscijfers voor de kwaliteit van de aardbeien van de onbehandelde veldjes werden uitgedrukt in procenten van die van de behandelde veldjes. De berekende verhoudingscijfers werden in verband gebracht met de grondanalysecijfers voor kali, magnesia en de pH. Alleen met het magnesiumgehalte van de grond werd in 1956 een samenhang gevonden: de verwerkingskwaliteit verbeterde door bespuiting met magnesiumsulfaat, als de grond arm was aan magnesium, namelijk beneden 35 d.p.m. MgO-NaCl.

7.3.4 Invloed van koper op bespuitingsproefvelden

De teelt op lichte zandgronden en op nieuwe gronden deed de vraag rijzen, of met het oog op een eventueel optredende 'ontginningsziekte' de kopervoorziening van de aardbei in de gemeente Zundert voldoende was.

In 1956 werden naar aanleiding hiervan op negen plaatsen twee veldjes aangelegd, elk met circa 50 planten. Op het ene veldje werd op 10 april, 2 mei en 7 juni gespoten met een 0,5 % oplossing van kopersulfaat die 0,25 % spuitkalk bevatte terwijl het andere veldje niet werd bespoten. Een proef in 1955 genomen was mislukt doordat verbranding optrad door spuiten met 1 % kopersulfaat zonder kalk. Op 1 en 31 mei 1956 werden standcijfers gegeven. Er waren geen uiterlijke verschijnselen van kopergebrek; op vier proefveldjes was de stand iets beter op het bespoten veldje, op vier gelijk en op één proefveld iets minder. Zes proefvelden brachten door de bespuiting meer op. Op twee proefvelden was de situatie omgekeerd. Volgens de waarschijnlijkheidsrekening is de kans op een dergelijke uitslag 0,29 indien de koperbespuiting geen werking zou hebben (tabel 18).

Gemiddeld was de opbrengst door onvoldoende kopervoorziening 8 % lager. De acht proefvelden hadden een gemiddeld kopercijfer van 1,8 mg/kg (Cu-Aspergillus) resp. 1,3 mg/kg (Cu-complexon). Bij het uitzetten van de relatieve opbrengst tegen de grondanalysecijfers voor koper kwam naar voren, dat voor een goede opbrengst de grond volgens genoemde methoden minstens 3 d.p.m. Cu moet bevatten (figuur 3).

Deze proef wees dus wel op het belang van een goede kopervoorziening, maar de resultaten waren nog onvoldoende om hieromtrent zekerheid te geven.

Daarom werden 30 grondmonsters uit het proefplekkenonderzoek uitgekozen voor een nadere analyse op koper. Er werden tien grondmonsters genomen van grove zandgronden, tien van normale en tien van zandgronden met een leemhoudende laag. Gekozen werden de matig vochtige tot vochtige gronden met een ongeveer even dikke humeuze laag. De proefplekken waren zo gelijkmatig mogelijk over het onderzochte gebied verspreid. De opbrengsten varieerden van laag tot hoog. De kopergehalten liepen op de onderzochte bodemtypen niet veel uiteen; gemiddelde en uiterste waarden waren als volgt (tabel 19).

Tabel 18. Reactie van de opbrengst op bespuiting met kopersulfaat (met kalk)

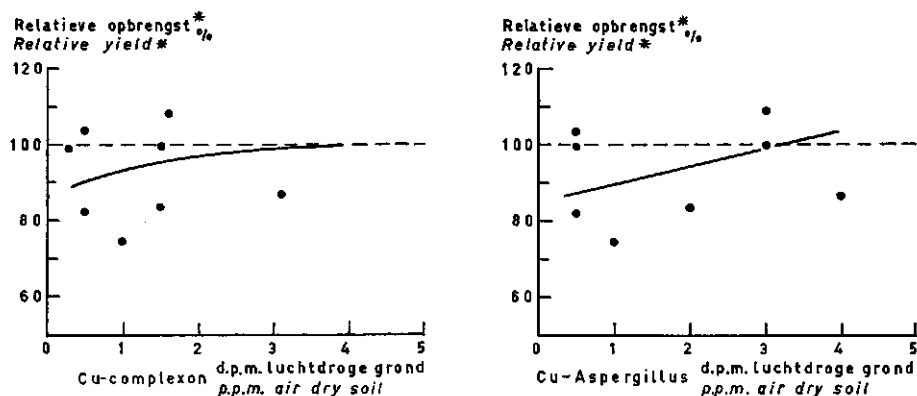
Proef- plek no.	Koper in mg/kg grond bepaald met		Opbrengst in g per plant		Opbrengst onbe- spoten in % van bespoten
	Aspergillus	complexon	onbespoten	bespoten	
44 + 45	0,5	0,3	78	78	99,4
51 + 411	0,5	0,5	124	152	82,0
149 + 151	0,5	0,5	190	184	103,2
42 + 43	1,0	1,0	53	71	74,9
197 + 198	2,0	1,5	152	182	83,6
60 + 61	3,0	1,5	223	224	99,4
200 + 202	3,0	1,6	248	228	108,4
34 + 35	4,0	3,1	150	174	86,6
Gem. / Average	1,8	1,3	152	162	92,2
Trial plot No.	Aspergillus	complexon	not sprayed	sprayed	Yield of untreat- ed plants as % of those sprayed
	Cu in mg/kg soil analysed with		Yield in g per plant		

Table 18. Reaction of the yield on spraying with a solution of copper sulphate (with lime)

Op het bodemtype Xo kwam één proefplek met 8 d.p.m. Cu voor, welk getal buiten beschouwing is gelaten, zowel in de tabel als in de volgende berekeningen met de op meeldauw gecorrigeerde opbrengst.

Het kopergehalte van de grond vertoonde een positieve samenhang met de op meeldauw gecorrigeerde opbrengst (correlatiecoëfficiënt $r = +0,36^+$) en met het percentage tot vruchten gezette bloemen ($r = +0,41^+$). De voor dit materiaal vrij hoge correlatiecoëfficiënt rangschikt het kopergehalte van de grond onder de belangrijkste factoren die de opbrengst van de aardbei in 1955 beïnvloed hebben (zie tabel 4).

Fig. 3. Reactie van aardbei op bespuiting met kopersulfaat in afhankelijkheid van het kopergehalte van de grond



* relatieve opbrengst = onbehandeld in % van behandeld / relative yield = not treated in % of treated
Fig. 3. Reaction of yield to spraying with copper sulphate in relation to the copper content of the soil

Het kopergehalte van de grond bepaald volgens de Aspergillusmethode was negatief gecorreleerd met pH-KCl ($r = -0,35$), terwijl de positieve correlatie met het humusgehalte zeer laag was ($r = +0,06$).

Tabel 19. Kopergehalten van drie bodemtypen

	Legenda Stiboka	Aantal analyses	Kopergehalte in mg/kg		
			gem.	uiterste waarden	
Grove zandgronden / Coarse sandy soils	Zg	10	1,7	0,5	3,0
Zandgronden / Fine sandy soils	Z	10	1,8	0,5	4,0
Zandgronden met laag lemig zand / Fine sandy soils with layer of loamy sand	Xo	9	1,8	0,5	3,0
		Number of analyses	average	extreme values	
	Legend			Cu-content in ppm	

Table 19. Figures for copper of three soil types

In een multiële rechtlijnige regressieformule werd de invloed van zuurgraad en kopergehalte van de grond op de opbrengst bepaald, welke was gecorrigeerd voor de aantasting door meeldauw. Het resultaat was:

$$\text{gecorr. opbrengst in hg/plant} = +0,35 \times \text{pH-KCl} + 0,36 \times \text{Cu} + 0,18$$

(stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,24 en 0,15).

De regressiecoëfficiënt voor het kopergehalte week statistisch betrouwbaar van nul af ($P = 0,05$). Kromlijnige aanpassing aan de puntenzwerm volgens de numeriek-grafische methode (EZEKIEL, 1950) gaf aan, dat een kopergehalte van 3 d.p.m. volgens de Aspergillus-methode voor een goede groei en opbrengst van de aardbei gewenst is (figuur 4). Dit bevestigt het resultaat met de bespuitingsproeven.

Fig. 4. Verband van opbrengst van aardbei (gecorrigeerd op meeldauw en pH-KCl) met kopergehalte van de grond

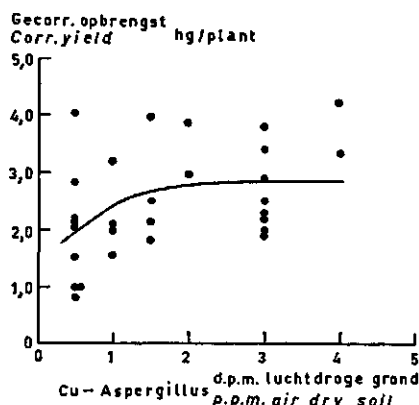


Fig. 4. Relation between yield of strawberries (corrected on mildew and pH-KCl) and copper content of the soil

Van de 30 geselecteerde proefplekken hadden 19, of ruim 60 %, een te laag kopergehalte. Al zullen de geselecteerde waarden niet de juiste frequentie van de kopergehalten in de grond weergeven, toch is dit een waarschuwing, dat vele aardbeiper-celen op de lichtere zandgronden onvoldoende van koper zijn voorzien. Het gevonden werd reeds elders gepubliceerd (VAN DER BOON, 1961). In een tweejarige pot-proef met aardbei op zandgrond met een gehalte van 1 d.p.m. Cu gelukte het echter niet een duidelijke reactie op de koperbemesting te krijgen (VAN DER BOON en RAUW, 1962).

In tegenstelling tot de opbrengst werd de verwerkingskwaliteit van de aardbei noch door bespuiting met koper noch door het kopergehalte van de grond gunstig beïnvloed.

7.4 Invloed van de vochthuishouding van de grond

Het vochthoudend vermogen van het profiel was niet rechtstreeks door metingen bepaald. Door berekening werd een schatting van het vochthoudende vermogen gemaakt over de laag van 75 cm dikte. Een verband werd gezocht tussen de opbrengst van het gewas enerzijds en het vochthoudend vermogen van het profiel en de grondwaterstand anderzijds.

7.4.1 Verband tussen het vochthoudend vermogen van de grond en het gehalte aan humus en leem

In het najaar 1955 werd nagegaan of uit de gehalten aan humus en aan granulaire fracties een betrouwbare voorspelling zou zijn te geven voor het vochtgehalte van de grond bij pF 2,0 en pF 4,2. Het verkregen resultaat werd daarna gebruikt voor de berekening van het vochtbergend vermogen per laag van het profiel en voor de correctie van het vochtgehalte van de bouwvoor tijdens de pluk op het niet voor de plant beschikbare deel.

Daartoe werden op 30 plaatsen ringmonsters gestoken op 0-15 cm diepte en grondmonsters verzameld. Deze plaatsen waren over de gehele gemeente Zundert verspreid. Ze waren uit de proefplekken uitgekozen met een zo groot mogelijke spreiding in gehalten aan humus en aan leem. Boven een humusgehalte van 4 % waren alle groeperingen van niet leemhoudende tot sterk leemhoudende gronden evenredig vertegenwoordigd. Humusgehalten beneden 4% werden op leemhoudende zandgronden niet aangetroffen.

Door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek werden bepaald: vochtgehalte bij pF 2,0 en 4,2 uitgedrukt in gewichts- en volume-%, humusgehalte (gloeiverlies), en fracties < 16, 16-50, 50-90 en > 90 μ .

De samenhang tussen de vochtwaarden bij de genoemde vochtspanningen en de fysische bodemfactoren wordt door onderstaande correlatiecoëfficiënten in tabel 20 weergegeven.

Zowel het humusgehalte als elk van de beschouwde granulaire fracties correleerden statistisch betrouwbaar met de vochtgehalten bij de diverse vochtspanningen. De volumepercentages waren minder gecorreleerd met het humusgehalte dan met de granulaire fracties.

Bij de verdere bewerking werd het vochthoudend vermogen van de grond afgeleid uit het gehalte aan humus en de percentages van de granulaire fracties. Als model voor de bewerking werd de numeriek-grafische methode gekozen (EZEKIEL, 1950; FERRARI en SLUIJSMANS, 1955). De bewerking wordt gestoord bij sterke onderlinge correlatie van de onafhankelijke factoren. Daarom werden de correlaties tussen de granulaire fracties berekend (tabel 21).

De granulaire fracties vertoonden onderling een hoge correlatie. Die tussen het gehalte aan afslibbare delen (kleiner dan $16\ \mu$) en het gehalte aan leem ($16-50\ \mu$) was het hoogst. Een zo hoge correlatie is in de numeriek-grafische methode ongewenst. Daarom werd de som van beide fracties $0-16\ \mu$ en $16-50\ \mu$, d.i. $0-50\ \mu$ als variabele in de regressieberekening opgenomen. De bijdrage aan het vochthoudende vermogen van de grond door de fractie $50-90\ \mu$ werd minder van belang geacht en wegens de hoge correlatie ook liever buiten beschouwing gelaten. Bij

Tabel 20. Correlatiecoëfficiënten van vochtgehalten van de grond bij bepaalde pF enerzijds en het gehalte aan humus en de granulaire fracties anderzijds

Vochtgehalte bij	Humus %	Granulaire fracties			
		% < $16\ \mu$	% $16-50\ \mu$	% $0-50\ \mu$	% $50-90\ \mu$
pF 2,0 (vol. %)	0,56	0,72	0,81	0,81	0,71
4,2 (vol. %)	0,52	0,79	0,66	0,71	0,47
pF 2,0 (gewichts/weight %)	0,73	0,70	0,80	0,81	0,65
4,2 (gewichts/weight %)	0,69	0,74	0,65	0,69	0,44
pF 2,0-pF 4,2 (vol. %)	0,42	0,74	0,75	0,77	0,74
Moisture content at	% organic matter	% < $16\ \mu$	% $16-50\ \mu$	% $0-50\ \mu$	% $50-90\ \mu$
		Granular fractions			

Table 20. Correlation coefficients for moisture content of the soil at a certain pF on the one hand, organic matter and granular fractions on the other hand

Tabel 21. Correlatiecoëfficiënten tussen granulaire fracties en humusgehalte van de grond

	Granulaire fracties		Humus %
	% 16-50 μ	% 50-90 μ	
% < 16 μ	+ 0,86	+ 0,64	+ 0,38
% 16-50 μ		+ 0,71	+ 0,39
% 50-90 μ			+ 0,19
	% 16-50 μ	% 50-90 μ	
	Granular fractions		% organic matter

Table 21. Correlation coefficients between granular fractions and organic matter content

een te hoge onderlinge correlatie is het niet uit te maken, wat de 'wezenlijke' invloed is van de fracties afzonderlijk. BOEKEL en PEERLKAMP (1957) vonden voor materiaal uit Heeze in Noord-Brabant een bevredigend verband tussen de hoeveelheid beschikbaar vocht enerzijds en het humusgehalte en het gehalte van de fractie 0-50 μ anderzijds. Dit verband deed niet onder voor dat waarbij humus, afslibbaar (<16 μ) en U-cijfer van het zand in de berekening waren opgenomen. Deze handelwijze was echter bij materiaal uit de Gelderse Vallei minder gunstig.

Vochtgehalte bij pF 2,0 in volume %. De multiële rechtlijnige regressieformule tussen de hoeveelheid vocht in volumepercenten bij pF 2,0 en het gehalte van de grond aan humus en de fractie 0-50 μ luidt als volgt:

$$\text{vol. \% vocht pF 2,0} = + 1,91 \times \text{humus \%} + 0,46 \times \% 0-50 \mu + 7,05$$

(stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,77 en 0,08)

De variantie in het oorspronkelijke materiaal was 72,3, na kromlijnige aanpassing was 20,7 nog onverklaard. Dit betekent een multiële correlatiecoëfficiënt van 0,84.

De grond houdt meer water vast, naarmate het gehalte aan organische stof en deeltjes van 0-50 μ hoger is. De stijging met het humusgehalte werd minder bij gehalten boven 5% (fig. 5). Zandgronden met een laag gehalte aan deeltjes van 0-50 μ vertoonden een duidelijk lager vochtgehalte bij pF 2,0 dan bij een hoog gehalte. In gronden met meer dan 16% deeltjes van 0-50 μ was de stijging rechtlijnig met toenemend percentage (fig. 6). Niet bekend is, waarom het vochtgehalte bij lage gehalten afweek. Misschien was de bepalingfout van lage leemgehalten groot en heeft dit de afwijking veroorzaakt, maar het is waarschijnlijker dat er een systematische afwijking optrad, bijv. door een andere geologische afzetting.

Fig. 5. Verband tussen volume % vocht bij pF 2,0 en humusgehalte van de grond

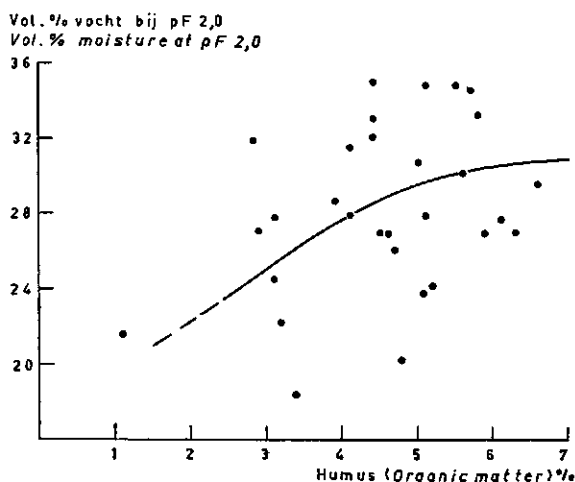


Fig. 5. Volume % of moisture at pF 2.0 in relation to organic matter content of the soil

Het volumepercentage vocht bij pF 2,0, afgeleid uit de gehalten aan humus en fractie 0-50 μ volgens deze regressie-analyse, heeft een standaardafwijking van 4,5 vol. % vocht. BOEKEL en PEERLKAMP (1957) vonden in de twee eerder genoemde gebieden bij een rechtstreekse bepaling van het vochtgehalte bij pF 2,0 een standaardafwijking van 1,5 en 2,1 %. Een rechtstreekse bepaling heeft dus een standaardafwijking die maar een derde tot de helft kleiner is.

ig. 6. Verband tussen volume % vocht bij pF 2,0 en % 0-50 μ van de grond

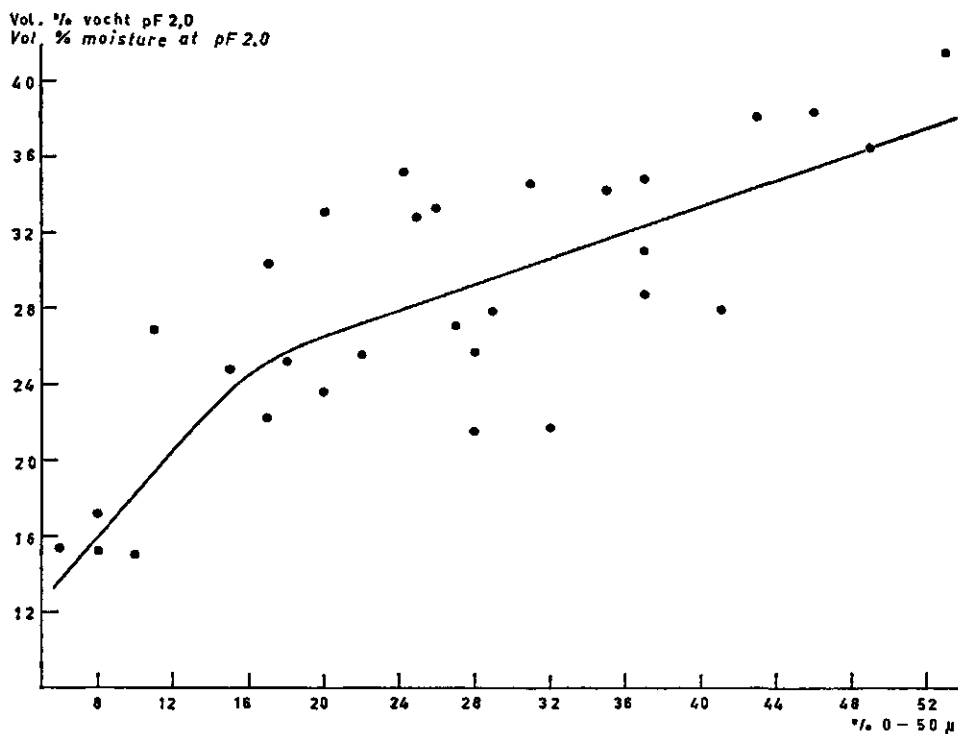


Fig. 6. Volume % of moisture at pF 2.0 in relation to % 0-50 μ in the soil

Vochtgehalte bij pF 2,0 in gewichts %. De meervoudige rechtlijnige regressielijn was:
 gew. % vocht pF 2,0 = $+ 2,60 \times \text{humus \%} + 0,32 \times \% \text{ 0-50 } \mu + 1,96$
 (stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,46 en 0,04)

De multiële correlatiecoëfficiënt tussen het gemeten vochtpercentage en het uit de regressieformule berekende was 0,91; de standaardafwijking van het vochtgehalte uit het humusgehalte van de grond en dat aan deeltjes van 0-50 μ afgeleid, was 2,84 %.

Vochtgehalte bij pF 4,2 in volume en gewichts %. Ook de vochtgehalten bij pF 4,2 werden in verband gebracht met de humus- en leemgehalten van de grond:

$$\text{vol. \% vocht pF 4,2} = + 0,32 \times \text{humus \%} + 0,07 \times \% 0-50 \mu + 1,83$$

(stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,16 en 0,02)

$$\text{gew. \% vocht pF 4,2} = + 0,47 \times \text{humus \%} + 0,05 \times \% 0-50 \mu + 0,74$$

(stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,10 en 0,01)

De multiële correlatiecoëfficiënten tussen gemeten en berekende afhankelijke variabelen waren na kromlijnige aanpassing resp. 0,70 en 0,83.

Het vochtgehalte bij pF 4,2 nam toe met het gehalte van de grond aan organische stof. Binnen het beschouwde traject was de curve bijna een rechte lijn. Bij toenemend gehalte aan leem nam het vochtgehalte eerst vrij sterk toe, bij een gehalte boven 20 % aan deeltjes van 0-50 μ was dit in mindere mate het geval.

De standaardafwijking van de vochtgehalten bij pF 4,2 berekend via de regressieformule, was resp. 0,96 vol. % en 0,66 gew. %.

Beschikbaar vocht in volume en gewichts %. De hoeveelheid beschikbaar vocht, berekend als het verschil tussen vochtgehalten bij pF 2,0 en pF 4,2, was het sterkst gecorreleerd met de granulaire fracties van de grond en in mindere mate met het humusgehalte (zie tabel 20). Het vol. % beschikbaar vocht steeg echter meer door verhoging met 1 % van het humusgehalte dan door 1 % van de granulaire fractie.

De regressieformule luidt:

$$\begin{aligned} \text{beschikbaar vol. \% vocht pF 2,0 - pF 4,2} &= + 0,88 \times \text{humus \%} + 0,49 \\ &\times \% 0-50 \mu + 7,83 \\ &\text{(stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,88} \\ &\text{en 0,09)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{beschikbaar gew. \% vocht pF 2,0 - pF 4,2} &= + 1,64 \times \text{humus \%} + 0,34 \\ &\times \% 0-50 \mu + 3,39 \\ &\text{(stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,62} \\ &\text{en 0,07)} \end{aligned}$$

De regressiecoëfficiënt van het humusgehalte week niet statistisch betrouwbaar van nul af bij het vol. % vocht, wel bij het gew. % vocht.

De multiële correlatiecoëfficiënten van de regressieformules waren resp. 0,76 en 0,81. De standaardafwijking van het percentage beschikbaar vocht, afgeleid uit het humus- en leemgehalte van de grond, is 4,9 vol. % resp. 3,5 gew. %. Deze standaardafwijking was twee maal zo groot als BOEKEL en PEERLKAMP (1957) vonden voor materiaal uit oostelijk Noord-Brabant, nl. 2,3 vol. %. Ook vonden zij dat dezelfde regressieformule niet voor elk zandgebied geldig was.

Uit de gevonden relaties is tabel 22 afgeleid, waarin het vochtgehalte bij pF 2,0 en pF 4,2 is af te lezen bij bepaalde gehalten van de grond aan humus en leem.

Voor de verdere wiskundige analyse van het proefplekkenonderzoek werden voor het gehele materiaal de volgende factoren berekend:

hoeveelheid beschikbaar vocht in vol. % (pF 2,0 - pF 4,2), factor 73;

A-cijfer van de laag 5-20 cm op 11 en 12 juli, verminderd met het vochtgehalte bij verwelkingspunt pF 4,2, factor 71;

A-cijfer - pF 4,2 gew. %, gedeeld door de hoeveelheid vocht tussen pF 2,0 - pF 4,2 gew. % - de vochtindex, factor 72.

Factor 73 geeft een inzicht, hoeveel voor de plant beschikbaar water door de grond kan worden vastgehouden bij veldcapaciteit. Factor 71 licht in over de hoeveelheid voor de plant beschikbaar water op het moment van monsterneming in de pluktijd. Factor 72, de vochtindex, geeft aan, hoeveel beschikbaar water nog aanwezig was in verhouding tot de hoeveelheid water, die de grond bij veldcapaciteit kan bevatten.

Ter illustratie worden van zeven proefplekken de gemeten en de berekende factoren naast elkaar weergegeven, alsmede de schatting voor het turgescient zijn, 'de frisheid' van het gewas in de zomer (tabel 23).

De gekozen proefplekken verschilden sterk in gehalte aan beschikbaar vocht bij veldcapaciteit van de bouwvoor. Het grootste verschil voor het vochthoudend vermogen tussen een gemeten en een berekende waarde was echter maar 3,9 vol. %. Uit de multiële correlatiecoëfficiënt volgde reeds de nauwe overeenstemming.

De hoeveelheid beschikbaar vocht, in de bouwvoor aanwezig op 11 en 12 juli, was behoorlijk nauwkeurig te berekenen, uitgaande van het A-cijfer.

De voorspelling van de vochtindex was vrij onnauwkeurig. De vraag is echter, of het verschil tussen waarneming en berekening van groot belang was, daar deze percentages voor monsters genomen in midden juli bijzonder hoog waren. Vaak zou volgens deze berekening de grond meer vocht bevatten dan bij veldcapaciteit; dit

Tabel 22. Vochtpercentages bij pF 2,0 en pF 4,2 afgeleid uit humus- en leemgehalten

pF	% humus van:	Volume % vocht bij een en leemgehalte (% 0-50 μ) van:					Gewichts % vocht bij een en leemgehalte (% 0-50 μ) van:				
		5	15	25	35	45	5	15	25	35	45
2,0	1,5	5,6	16,6	21,2	24,6	28,1	4,9	11,9	15,4	18,3	21,2
	2,5	8,3	19,3	23,9	27,3	30,8	7,4	14,4	17,9	20,8	23,7
	3,5	11,0	22,0	26,6	30,0	33,5	9,9	16,9	20,4	23,3	26,2
	4,5	13,3	24,3	28,9	32,3	35,8	12,2	19,2	22,7	25,6	28,5
	5,5	14,8	25,8	30,4	33,8	37,3	14,3	21,3	24,8	27,7	30,6
	6,5	15,5	26,5	31,1	34,5	38,0	15,8	22,8	26,3	29,2	32,1
4,2	1,5	1,9	3,3	4,2	4,6	5,0	1,3	2,3	2,9	3,1	3,4
	2,5	2,3	3,8	4,7	5,1	5,5	1,9	2,8	3,4	3,6	3,9
	3,5	2,7	4,1	5,0	5,5	5,9	2,4	3,3	3,9	4,1	4,4
	4,5	3,1	4,5	5,4	5,8	6,2	2,8	3,8	4,3	4,6	4,9
	5,5	3,3	4,8	5,7	6,1	6,5	3,2	4,1	4,7	5,0	5,3
	6,5	3,5	4,9	5,8	6,3	6,7	3,4	4,3	4,9	5,2	5,5
		5	15	25	35	45	5	15	25	35	45
pF	% organic matter of:	Volume % moisture at a and loam content (% 0-50 μ) of:					Weight % moisture at a and loam content (% 0-50 μ) of:				

Table 22. Moisture percentages at pF 2.0 and pF 4.2 derived from organic matter and loam content (% 0-50 μ) of the soil

zou alleen te verklaren zijn bij hoge grondwaterstand en zeer opdrachtige grond (zie paragraaf 7.4.3).

De goede overeenstemming tussen gemeten en berekende waarden voor de eerste twee factoren geeft vertrouwen in die welke berekend zijn voor de andere proefplekken, mede omdat de 30 proefplekken verspreid waren gekozen over het onderzochte gebied.

Tabel 23. *Gemeten en berekende vochtwaarden op verschillende proefplekken in de grondlaag van 0-10 cm*

No. proefplek	pF 2,0-pF 4,2 (vol. %)		A-cijfer-pF 4,2 (gew. %)		Vochtindex in %		Frisheid ¹ plant in juli
	gemeten	berekend	gemeten	berekend	gemeten	berekend	
487	9,4	10,3	4,8	4,6	69	55	2
3	10,0	13,1	5,3	5,2	66	50	2
4	14,5	13,5	15,9	16,0	128	134	7
312	19,5	21,9	18,2	17,9	110	107	9
182	26,5	28,7	19,9	19,0	86	79	9
147	29,1	25,2	21,1	21,1	100	102	7
239	33,6	31,3	26,4	26,5	103	100	9
	<i>determined</i>	<i>calculated</i>	<i>determined</i>	<i>calculated</i>	<i>determined</i>	<i>calculated</i>	<i>Markings¹ for</i>
<i>Trial plot</i>	<i>pF 2.0-pF 4.2</i>		<i>Available moisture</i>		<i>Moisture index</i>		<i>freshness in</i>
<i>number</i>	<i>(vol. %)</i>		<i>July (weight %)</i>		<i>in %</i>		<i>July</i>

¹ Voor codering zie bijlage 1, noot 4 / For code see appendix 1, note 4

Tabel 23. *Determined and calculated moisture values on various trial plots in the 0-10 cm soil layer*

Volumegewicht van de grond. De ringmonsters, gestoken voor de bepaling van de vochtkarakteristiek, gaven tevens de mogelijkheid het volumegewicht van de laag 0-15 cm te bepalen. Het gemiddelde gewicht van 100 cm³ bedroeg 125,6 g droge stof (n = 29; standaardafwijking 11,2). Het volumegewicht vertoonde een duidelijke correlatie met het humusgehalte van de grond (correlatiecoëfficiënt 0,68), maar er werd geen verband gevonden met de leemfractie van 0-50 μ .

Het volumegewicht was aldus uit het humusgehalte af te leiden (VAN UVEN, 1946):

- a. als de bepalingfout in het humusgehalte gering wordt geacht t.o.v. die van de bepaling van het droge gewicht

$$\text{gewicht van } 100 \text{ cm}^3 = -6,1 \times \% \text{ humus} + 153,3,$$

- b. als de bepalingfout van het drooggewicht in het ringmonster even groot wordt geschat als die van het humusgehalte

$$\text{gewicht van } 100 \text{ cm}^3 = -13,2 \times \% \text{ humus} + 185,6.$$

De laatste veronderstelling lijkt meer met de werkelijkheid overeen te komen.

De standaardafwijking van het uit het humusgehalte afgeleide volumegewicht was 8,4 g volgens regressieformule a en 0,93 g volgens formule b.

Het volumegewicht met behulp van de ringmonsters bepaald, diende om het volumepercentage vocht om te zetten in het gewichtpercentage vocht. Vochtgehalten van monsters genomen in het veld zonder behoud van de natuurlijke ligging kunnen zo worden omgezet van gewichts- in volumepercenten. Het uit het humusgehalte afgeleide volumegewicht kan hierbij als benadering dienen.

7.4.2 Berekening van de hoeveelheid beschikbaar vocht tot 75 cm diepte

De hoeveelheid beschikbaar vocht die het profiel kan bevatten tot 75 cm diepte werd berekend uit de schattingen voor het leem- en humusgehalte van de diverse lagen in het bodemprofiel tijdens de profielbeschrijving.

De schattingscijfers voor het humusgehalte in de bovenlaag werden ter controle grafisch uitgezet tegen de in het laboratorium bepaalde gehalten aan organische stof in de laag van 0-20 cm. Hierbij bleek, dat een vrijwel identieke kromme werd verkregen voor beide groepen van schattingen (fig. 7). Bij een laag analysecijfer voor het humusgehalte werd een hoger gehalte geschat en bij een hoog humusgehalte een lager.

Het gehalte aan deeltjes van 0-50 μ , bepaald door het Bedrijfslaboratorium, werd gecorreleerd met de bij de profielbeschrijving gemaakte schattingen voor de korrelgrootte, de leemhoudendheid en het humuspercentage van de grond. De schattingen voor de korrelgrootte en de leemhoudendheid van het zand werden daarbij gecodificeerd als in tabel 24 aangegeven.

Het verband tussen het bepaalde en het geschatte leemgehalte werd apart berekend voor de beide werkgroepen die de profielbeschrijving verrichtten. De groep A werkte voor het grootste deel in het oostelijke deel van de gemeente Zundert, waar de grond over het algemeen minder leemhoudend is, de groep B onderzocht de profielen op de meer leemhoudende zandgronden in het noordelijke en westelijke gedeelte van de gemeente. De berekende correlatiecoëfficiënten zijn gegeven in tabel 25.

Het in het laboratorium bepaalde percentage deeltjes van 0-50 μ is positief gecorreleerd met de schattingen voor fijner zand en hoger leemgehalte. Ook met het geschatte humusgehalte was het verband positief. De correlatiecoëfficiënten zijn van

Fig. 7. Geschat humusgehalte van groep A en groep B uitgezet tegen het humusgehalte op laboratorium bepaald

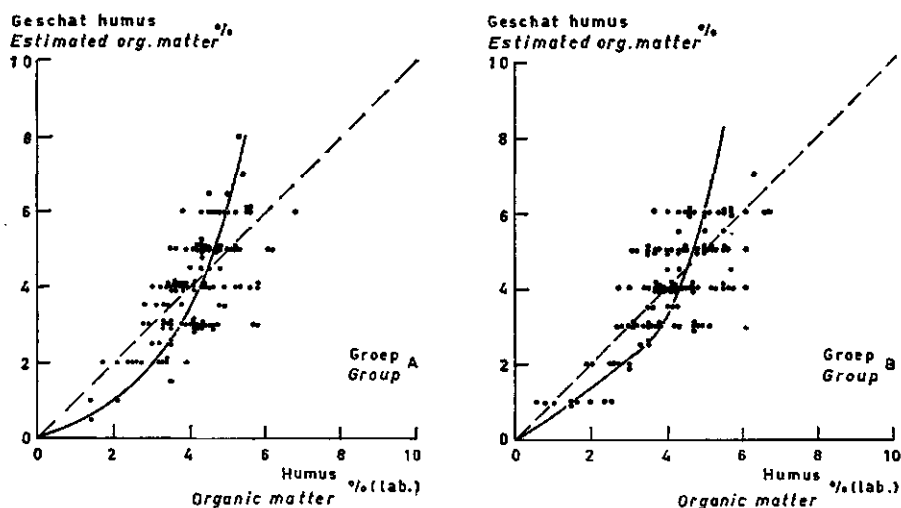


Fig. 7. Relation between organic matter content of the soil estimated from group A and B and that analysed in the laboratory

dezelfde orde van grootte als die tussen de in het laboratorium bepaalde gehalten aan leem en humus (correlatiecoëfficiënt + 0,43). De leemhoudende gronden bevatten meer humus.

Hoewel het moeilijk is bij de schatting van het leemgehalte met de vingers de invloed van het humusgehalte uit te schakelen, geeft bovengenoemde overeenstemming in de grootte van de correlatiecoëfficiënten een aanwijzing dat de schattingen geslaagd zijn en dat er geen ongewenste correlatie met het humusgehalte is voorgekomen.

Tabel 24. Code voor de bij de profielbeschrijving gemaakte schattingen voor grofheid en leemhoudendheid, gebruikt bij de correlatie- en regressieberekeningen

Korrelgrootte zand:	Particle size of sand:	
grof, los	coarse, loose	0
grof	coarse	1
middelgrof, los	moderately coarse, loose	2
middelgrof, samenhangend	moderately coarse, coherent	3
middelfijn	rather fine	4
fijn	fine	5
Leemhoudendheid (0-50 μ):	Loam content (0-50 μ):	
niet	zero	0
zeer zwak	very low	1
zwak	low	2
matig	moderate	3
vrij sterk	rather high	4
sterk	high	5

Table 24. Code for the estimates of particle size of sand, and loam content of soils applied in the characterization of soil profiles and used in correlation and regression calculations

Tabel 25. Correlatiecoëfficiënten voor de schattingen van enkele bodemeigenschappen en het percentage bodemdeeltjes tussen 0 en 50 μ , bepaald in het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek

	Schattingen		% 0-50 μ (laboratorium)
	leemgehalte	% humus	
Groep A (Group A) n = 164			
korrelgrootte zand / particle size sand	+ 0,56	+ 0,43	+ 0,51
leemgehalte / loam content		+ 0,32	+ 0,64
% humus / % organic matter			+ 0,51
Groep B (Group B) n = 147			
korrelgrootte zand / particle size sand	+ 0,67	+ 0,45	+ 0,55
leemgehalte / loam content		+ 0,40	+ 0,75
% humus / % organic matter			+ 0,41
	loam content	% organic matter	% 0-50 μ (laboratory)
	Estimated values		

Table 25. Correlation coefficients for estimated values for some soil characteristics and the percentage soil particles between 0 and 50 μ from laboratory analysis

De in het laboratorium bepaalde percentages deeltjes van 0-50 μ werden via de volgende regressieformules in verband gebracht met de schattingscijfers voor korrelgrootte, leem en humus.

$$\% \text{ 0-50 } \mu \text{ (groep A)} = + 0,71 \times \text{schatting korrelgrootte} + 2,98 \times \text{schatting leem} + 2,08 \times \text{schatting } \% \text{ humus} + 2,98$$

(stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,45, 0,41 en 0,40)

$$\% \text{ 0-50 } \mu \text{ (groep B)} = + 0,47 \times \text{schatting korrelgrootte} + 4,54 \times \text{schatting leem} + 0,94 \times \text{schatting } \% \text{ humus} + 11,80$$

(stand. afw. regressiecoëff. resp. 0,78, 0,51 en 0,45)

De regressiecoëfficiënten voor de schatting van het leemgehalte en het humusgehalte waren statistisch zeer betrouwbaar van nul afwijkend, maar die voor de korrelgrootte niet. De collectieve correlatiecoëfficiënten waren resp. 0,72 en 0,76; dus 50 % in de variantie van 0-50 μ wordt voorspeld door de regressieformules. Het opnemen van het humusgehalte in de regressieformule verbeterde de voorspelling en hield rekening met het voorkomen van leem en humus tezamen.

Het volumepercentage beschikbaar vocht voor de laag 0-75 cm werd nu als volgt berekend:

Het percentage deeltjes van 0-50 μ werd voor iedere bij de profielbeschrijving onderscheiden laag uit de schattingen voor korrelgrootte, leem en een gecorrigeerd humusgehalte via de regressieformule afgeleid³. Het humuspercentage was hierbij via grafiek 7 omgezet in een percentage dat nauwer aansloot bij de bepaling in het laboratorium. Voor de laag 0-20 cm werd uitgegaan van de analysecijfers van het laboratorium. Het percentage beschikbaar vocht werd daarna uit humus- en leemgehalte berekend volgens tabel 22.

Ter controle werd voor de 30 proefplekken, waar de ringmonsters waren ge-

³ De bepaling van het gehalte aan deeltjes van 0-50/ μ geschiedde bij het proefplekkenonderzoek volgens de pipet-methode en de methode van Atterberg (de VRIES en DECHERING, 1960), die van de ringmonsters voor de pF-bepaling volgens het 'Buitengewoon Uitgebreid Granulair Onderzoek' (Bugo, pipet-methode en zeven).

De fractie 16-50/ μ is volgens de methode van Atterberg rechtstreeks bepaald, maar is in Bugo indirect als verschil tussen pipet- en zeefmethode berekend. De getallen volgens de eerste methode zijn dus betrouwbaarder te achten dan die volgens de tweede.

Het bleek dat, hoewel de correlatie tussen beide bepalingen zeer hoog was, er een systematisch verschil aanwezig was. De waarden volgens de methode van Atterberg waren iets lager en zouden als volgt kunnen worden gecorrigeerd om vergelijkbare waarden met de Bugo-methode te verkrijgen:

20/ μ :	2 eenheden erbij
20-50/ μ :	3 „ „
meer dan 50/ μ :	4 „ „

Daar de regressieformules met het vochtgehalte bij pF 2,0 resp. pF 4,2 als afhankelijk variabele zijn berekend met het humusgehalte en het % 0-50/ μ Bugo bepaald in het materiaal van de ringmonsters, gaf ook het % beschikbaar vocht een systematische afwijking te zien, indien het % 0-50/ μ uit de proefplekkenmethode werd gebruikt. Deze afwijking was geringer, als de waarden van Atterberg met bovenstaande correcties werden gewijzigd. Daar de schattingsfout groot werd geacht, werd besloten bij de berekening van het gehalte aan beschikbaar vocht in de laag van 0-75 cm deze correctie niet toe te passen.

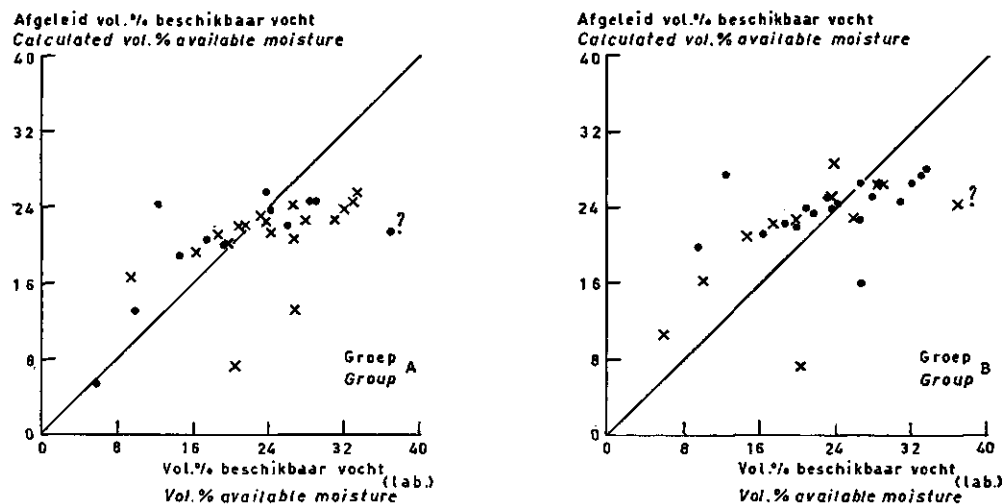
nomen het verband tussen het bepaalde en het berekende volumepercentage vocht grafisch uitgezet (grafiek 8). Het humusgehalte is hier geschat en via grafiek 7 gecorrigeerd, het gehalte deeltjes van 0-50 μ werd via schattingen berekend. Het blijkt bij vergelijking met de bissectrice, dat de puntenzwerm te vlak loopt. Gedeeltelijk is dit te vlakke verloop toe te schrijven aan de gewijzigde bepaling van het leemgehalte (0-50 μ) in het laboratorium (zie voetnoot 3, blz. 76). Bij laag vochthoudend vermogen werd het afgeleide volumepercentage vocht overschat, bij hoog vochthoudend vermogen onderschat.

Aan de berekening van het vochthoudend vermogen van het profiel tot 75 cm diepte kleven nog de volgende bezwaren:

De pF-bepalingen werden verricht op 30 proefplekken. De uitkomsten werden geëxtrapolerd voor 272 percelen. Hoe goed de 30 plekken ook werden gekozen, er zal bij extrapolatie een fout gemaakt kunnen worden.

Het humusgehalte van de bovenste laag 0-20 cm is op het laboratorium bepaald, dat voor de diepere lagen werd bij de profielbeschrijving geschat. Niet alleen werd hierdoor een schattingsfout ingevoerd maar bovendien is het niet zeker of

Fig. 8. Volume % beschikbaar vocht, berekend door middel van regressievergelijkingen uit geschat humusgehalte en % 0-50 μ voor beide groepen A en B tegen het volume %, op laboratorium bepaald



- Binnen bepaalde groep schatters (A of B) daar geldende formule gebruikt met bijbehorende schattingen voor humus en leem | Within certain group assessors (A or B) applying formula used with attached estimates for organic matter and loam
- × Binnen bepaalde groep schatters (A of B) daar geldende formule gebruikt met schattingen voor humus en leem van andere groep | Within certain group assessors (A or B) applying formula used with estimates for organic matter and loam of the other group

Fig. 8. Volume % of available moisture calculated from regression formulae with estimated contents of organic matter and of fraction 0-50 μ in the soil in comparison with analysed volume % of moisture

de invloed van de dieper aanwezige humus op het waterhoudend vermogen van de grond dezelfde blijft.

Voor het gehalte aan deeltjes van 0-50 μ stonden eveneens voor de diepere lagen slechts schattingscijfers ter beschikking.

Het percentage vocht is bovendien afhankelijk van de ruimtelijke ordening van de bodemdeeltjes. Het is waarschijnlijk, dat in de diepere lagen de zandkorrels in een dichtere pakking zijn gerangschikt door de bodemdruk onder vochtige omstandigheden, het ontbreken van grondbewerking en de afwezigheid van humus. Het hangt van de bewortelingsdiepte af, of het gewas inderdaad kan profiteren van het aanwezige vocht tot 75 cm diepte. Volgens VAN DER KLOES c.s. (1961) is er een grote variatie in het bewortelingspatroon van de aardbei op de zandgronden van Noord-Brabant en Limburg. Zowel diepe bewortelingen van meer dan 1,00 meter als zeer oppervlakkige (ca 20 cm) werden aangetroffen.

Op leemhoudende zandgronden zullen de capillaire opstijging en de vochtverplaatsing in de grond vanuit de diepere lagen groter zijn dan op de grove zandgronden.

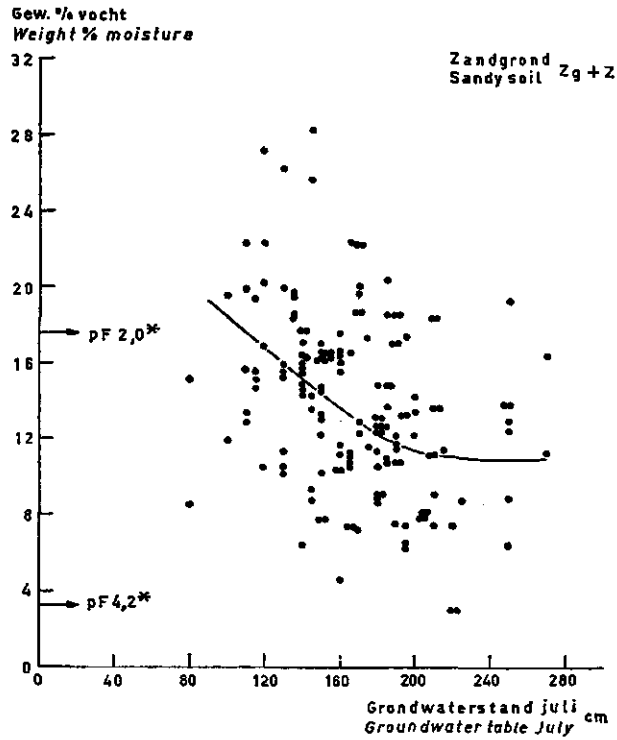
7.4.3 Waterhuishouding van de grond in juli 1955

De grondwaterstand in juli werd als volgt bepaald. Met een profielboor werden gaten geboord. De vochtverzadiging van de naar boven gebrachte grond werd beoordeeld door samenknijpen met de hand. Als bij samenknijpen een vochtig grondmengsel tussen de vingers wegvloede, werd aangenomen dat het grondwater was bereikt. De vochtbepaling van de grond op 5-20 cm diepte had plaats op 11 en 12 juli 1955. Bij het uitzetten van dit vochtgehalte tegen de grondwaterstand was er een samenhang tot een diepte van 250 cm (zie als voorbeeld fig. 9). De vochtgehalten bij pF 2,0 en pF 4,2 werden voor het gemiddelde humus- en leemgehalte van de zand- resp. van de leemhoudende zandgronden via de regressieformules berekend. De voor pF 2 berekende vochtgehalten corresponderden met een grondwaterstand van 100-110 cm (tabel 26).

21 % van de monsters afkomstig van de leemhoudende zandgronden had een hoger vochtgehalte dan dat van het gemiddelde monster bij veldcapaciteit. Voor de zandgrond was dit 16 %.

Uit het bovenstaande volgt, dat een groot gedeelte van de proefplekken midden juli 1955 nog over voldoende water beschikte, ook in de hogere grondlagen. Dit ondanks de daling van het grondwater in de voorzomer. Blijkbaar werd door capillaire werking nog lang vocht tot in de bovenlaag aangevoerd. Op de leemhoudende zandgronden bevond zich nog geen enkele bouwvoor op het verwelkingspunt, als men zich stelt op basis van de gemiddelde gehalten aan leem en humus. De laagste gehalten lagen bij 10 % gewichtsprocenten vocht. Op de grove en normale zandgronden waren twee monsters praktisch op het verwelkingspunt; de grondwaterstandsspiegel lag hierbij op 2,20 m onder het maaiveld (zie fig. 9).

Fig. 9. Het gewichtspercentage vocht in de laag 5-20 cm uitgezet tegen de grondwaterstand in juli voor de zandgronden



* Berekende vochtgehalten voor pF 2,0 en pF 4,2 bij gemiddelde gehalten aan humus en leem / Calculated moisture contents for pF 2.0 and pF 4.2 at average loam and organic matter contents

Fig. 9. Relation between weight % of moisture in layer 5-20 cm and watertable in July on sandy soils

Tabel 26. Berekend vochtgehalte bij pF = 2,0 en bij pF = 4,2 en uit fig. 9 afgeleide grondwaterstand voor zandgronden met een gemiddelde humus- en leemgehalte

	Gem. % humus	Gem. % 0-50 μ	Berekend gewichts % vocht bij			Afgeleide grondwater- stand bij pF = 2,0 in laag 5-20 cm
			pF=2,0	pF=4,2	pF 2,0-pF 4,2	
Zandgrond / Sandy soil	3,8	15	17,6	3,3	14,4	102 cm
Leemhoudende zand- grond / Loamy sand soil	4,5	24	22,2	4,1	18,1	105 cm
	Av. % organic matter	Av. % 0-50 μ	pF=2.0	pF=4.2	pF 2.0-pF 4.2	Derived watertable at pF = 2.0 in layer 5-20 cm
			Calculated weight % moisture at			

Table 26. Calculated moisture content and from fig. 9 derived watertable in sandy soils with average organic matter and loam (0-50 μ) content

7.4.4 Invloed van de vochtthuishouding van de grond op de stand van het gewas

De vochtthuishouding van de grond was vastgelegd door bepaling van de volgende factoren: grondwaterstand in maart, grondwaterstand in juli, het verschil tussen beide, en de berekende hoeveelheid beschikbaar vocht, die het profiel kan bevatten tot 75 cm diepte.

De invloed van de grondwaterstand in maart, van het vochtbergend vermogen van het profiel en van de grondwaterstandsdeling van juli ten opzichte van die van maart werd bepaald door het aanwezige materiaal in 27 groepen te verdelen. Deze groepen werden gevormd door combinaties van drie grootteklassen van de drie bovengenoemde factoren. Daar de grondwaterstandsdeling sterk was gecorreleerd met de grondwaterstand in juli, werd op wiskundige gronden een keuze gedaan; deze viel op de grondwaterstandsdeling vanwege de lagere correlatie met de grondwaterstand in maart (correlatiecoëfficiënt r tussen grondwaterstandsdeling en grondwaterstand maart = $-0,21$, tussen grondwaterstand maart en grondwaterstand juli = $+0,41$, tussen grondwaterstandsdeling en grondwaterstand juli = $+0,81$). Bovendien werd de hoogteligging van het perceel reeds verdisconteerd in de grondwaterstand in maart, zodat het van meer belang leek ook de fluctuaties van het grondwater in het onderzoek te betrekken.

De waarnemingen aan het gewas, gemiddeld per groep, werden in een variantie-analyse getoetst om na te gaan of de hoofdfactoren de reactie van het gewas beïnvloedden en in het bijzonder of de beschouwde factoren een wisselwerking vertoonden. Deze groepering betekende een globale eerste verkenning van het materiaal, waarbij in de wiskundige verwerking werd afgezien van een scheve projectie (HAMMING, 1949; CORSTEN, 1957). Indien een effect werd aangetoond, werd het in een grafische analyse verder onderzocht.

Bovenstaande wijze van bewerking werd ter nadere oriëntering ook nog toegepast voor de grondwaterstand in juli in plaats van die in maart en de twee andere bovengenoemde factoren ondanks het bezwaar van de sterke correlatie tussen de grondwaterstand in juli en de grondwaterstandsdeling. Dit laatste kwam o.a. tot uiting in het geringe aantal gegevens voor bepaalde groeperingen (lage grondwaterstand juli en geringe grondwaterstandsdeling resp. hoge grondwaterstand juli en sterke deling).

De aan het gewas waargenomen factoren gaven de volgende gemiddelden te zien bij rangschikking naar diepte van de grondwaterstand in maart, grootte van grondwaterstandsdeling en vochtbergend vermogen en ook naar de grondwaterstand in juli. De rangschikkingen in tabel 27 leiden tot de volgende conclusies:

De hoogste opbrengst werd verkregen op de percelen waar de grondwaterstand in maart hoog was (gemiddeld 50 cm onder het maaiveld). Een hoge grondwaterstand in maart was waarschijnlijk gunstig, omdat het profiel dan vrij lang in het seizoen goed van vocht bleef voorzien. Zoals was te verwachten, nam de opbrengst duidelijk af naarmate de grondwaterstand in juli dieper was ($P = 0,05$). De opbrengst was hoger als het

profiel tot 75 cm diepte meer dan 100 mm voor de plant beschikbaar water kon vasthouden. Dit verband was, op deze wijze berekend, echter statistisch niet betrouwbaar aan te tonen. Een groot verschil in grondwaterstand in de periode van maart tot juli was gemiddeld gunstig. Ondanks het feit dat een hoge grondwaterstand in maart gunstig was (waarschijnlijk als een grote watervoorraad aan het begin van het seizoen), was het toch gewenst dat daarna een behoorlijke ontwatering (en daardoor doorluchting) van het profiel optrad. BLOEMEN (1951) vond voor winterrogge eveneens bij diepe zomerwaterstanden een gunstig effect van een grote grondwaterstands-daling.

Een kleiner percentage grote vruchten (% A) werd geoogst bij een lage grondwaterstand in juli. Een sterke grondwaterdaling zou het vormen van grotere vruchten in de hand werken ($P = 0,01$). Misschien geeft een goed functionerend wortelstelsel, dat na snelle ontwatering in een vochthoudend profiel ontstaat, een betere vorming van vruchten en ook een betere zetting (kleiner percentage baarden). Overmaat vocht in maart was niet gunstig voor de regelmatige vruchtzetting en de vorming van grote vruchten, vooral niet als de grondwaterstand nadien weinig daalde (interactie grondwaterstand maart \times daling met $P = 0,10$).

De kwaliteitscijfers voor verwerkte aardbeien toonden geen duidelijke invloed van de drie beschouwde factoren.

De oogst liep sneller af, naarmate de grondwaterstand in juli lager was en evenzo die in maart (P kleiner dan $0,01$). Beide wijzen op een naar verhouding droog profiel. Op de beter vochthoudende gronden was de oogstperiode langer. De oogstdatum viel later bij hoge grondwaterstand en naarmate het profiel meer vocht kon vasthouden, dus meer leem en organische stof bevatte. Ook bij een sterke daling in de grondwaterstand viel de oogstdatum iets later uit. Dit wijst eveneens weer op een betere vochtvoorziening tot laat in het seizoen (r tussen % $0-50 \mu$ en grondwaterstands-daling = $+ 0,41$). In dit geval was er een aanwijzing van een interactie tussen de grondwaterstand in maart en de daling in de grondwaterstand ($P = 0,20$). Een vroegere oogstdatum kwam, wanneer de grondwaterstand in maart dieper was, minder tot uiting op de gronden met sterke grondwaterstands-daling.

Het gewas was duidelijk meer door droogte verflenst naarmate in maart en juli een lagere grondwaterstand werd aangetroffen. Het effect van het vochthoudende vermogen van het profiel tot 75 cm diepte was wiskundig betrouwbaar. Een gehalte aan beschikbaar vocht beneden 100 mm was duidelijk onvoldoende. Het gunstige effect van een sterke grondwaterstands-daling wees misschien op een situatie waarin de vochtvoorziening in het voorjaar langere tijd gunstig was, met als gevolg minder verdroging, of op een toestand waarin door snelle ontwatering het gewas een dieper wortelstelsel ontwikkelde, zodat het beter tegen verdroging bestand was.

Door bovenstaande groeperingen werd geen enkele interactie tussen de beschouwde factoren statistisch betrouwbaar aangetoond. Enkele voor de hand liggende zullen nu worden besproken.

Grafische analyse gaf nadere aanwijzingen over een interactie tussen de invloed van

Tabel 27. *Alternatieve groepering der gegevens betrekking hebbend op de waterhuishouding*

Klasse	Gemiddeld	Opbrengst in hg/plant	Kwaliteit		Verwerkingskwaliteit			Snelheid oogst ¹ in dagen	Gemiddelde oogstdatum ² in dagen	Frisheid ³ plant in juli
			% A	% B	3/10	20/12	27/4			
GRONDWATERSTAND MAART / Watertable March										
5- 35 cm	24 cm	2,67	53	23	9,0	8,5	8,2	10,1	13,1	7,3
40- 65 cm	50 cm	3,72	55	22	8,9	8,5	8,3	9,9	12,0	7,1
70-125 cm	87 cm	2,34	55	19	8,8	8,5	8,4	8,7	9,9	6,3
Statistische betrouwbaarheid P /										
Statistical evaluation P		0,05	—	0,10	—	—	—	0,01	0,01	0,10
VOCHTHOUDEND VERMOGEN LAAG 0-75 cm / Water holding capacity 0-75 cm layer										
40-100 mm	72 mm	2,42	53	22	8,8	8,5	8,4	9,2	11,1	6,0
101-135 mm	118 mm	2,66	56	19	8,8	8,3	8,0	9,4	11,6	7,4
136-187 mm	157 mm	2,64	53	23	9,0	8,7	8,5	10,0	12,2	7,3
Statistische betrouwbaarheid P /										
Statistical evaluation P		0,20	—	0,10	—	—	—	0,05	0,05	0,05
DALING GRONDWATER MAART-JULI / Lowering of groundwater March-July										
30-100 cm	80 cm	2,49	51	25	9,0	8,5	8,3	9,5	11,2	6,9
105-125 cm	116 cm	2,56	54	21	8,8	8,6	8,4	9,6	11,9	6,6
130-290 cm	166 cm	2,68	59	18	8,8	8,3	8,3	9,5	11,9	7,2
Statistische betrouwbaarheid P /										
Statistical evaluation P		0,20	0,01	0,01	—	—	—	—	0,20	—
Interactie grondwaterstand maart ×										
grondwaterstandsdaling P / Interaction										
watertable March × lowering P										
		—	—	0,10	—	—	—	—	0,20	—

GRONDWATERSTAND JULI / Watertable July		Average		Field		in		hg/plant		Quality		Processing quality		Rate of ripening ¹		Lateness to 50% harvest ² for		Markings ³ for freshness	
Class				% A	% B														
35-150 cm	120 cm	2,75	54	23	9,0	8,5	8,0	9,5	12,1	7,0									
155-185 cm	172 cm	2,60	56	19	8,8	8,3	8,1	9,4	11,2	6,6									
> 190 cm	>225 cm	2,17	41	23	8,2	8,4	8,4	9,1	11,0	6,2									
Statistische betrouwbaarheid P /																			
Statistical evaluation P																			
		0,05				niet berekend / not calculated													

¹ Aantal dagen tussen 25% en 75% van de oogst / Rate of ripening (days from 25% to 75% harvest)

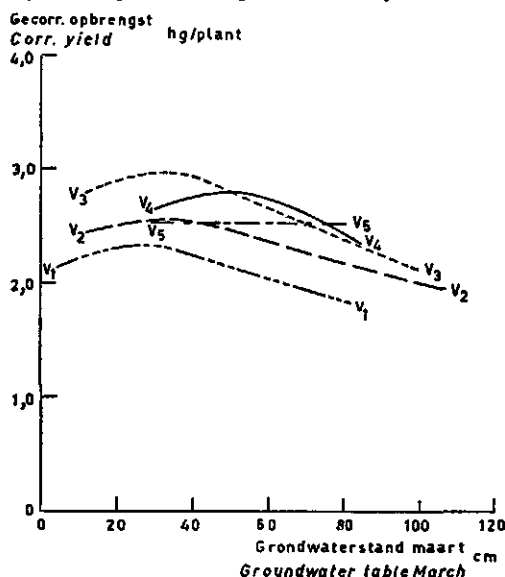
² Aantal dagen na 26 juni waarop 50% is geoogst / Lateness to 50% harvest (days after 26 June)

³ Zie bijlage 1, noot 4 / See appendix 1, note 4

Table 27. Alternative grouping of the data relating to the water regime

de grondwaterstand in maart en die van het vochtbergend vermogen van het profiel (fig. 10). Om deze interactie zo duidelijk mogelijk naar voren te brengen is de opbrengst door middel van een regressieberekening gecorrigeerd op het voorkomen van meeldauw. Op weinig vochtbergende gronden was een grondwaterstand in maart van 40 cm onder maaiveld optimaal. De produktie van de aardbei was hoger, naarmate de grond meer voor de plant beschikbaar water kon bevatten. Deze opbrengststijging ging door tot de klasse van 100-130 mm beschikbaar vocht. Op de zwaardere gronden (130-160 mm beschikbaar vocht tot 75 cm diepte) lag het maximum van de produktie lager en de optimale grondwaterstand was dieper (50 cm onder maaiveld). De stijgende tak van de curve tot het optimum wijst op wateroverlast en luchtgebrek, de dalende tak na het optimum waarschijnlijk indirect op watertekort in de zomer. De hoge waterstand in maart, die als gunstig naar voren kwam, moet waarschijnlijk als een aanwijzing voor de hoeveelheid vocht worden beschouwd die tijdens het voorjaar voor groei, bloei en vruchtdracht van de aardbeien

Fig. 10. Op meeldauw gecorrigeerde opbrengst tegen grondwaterstand in maart met indeling naar vochthoudend vermogen van de grond in de laag van 0-75 cm diepte



Vochtbergend vermogen V van grond tot 75 cm diepte (Water-holding capacity V in the layer 0-75 cm)
pF 2,0-pF 4,2

Klasse / Class

V ₁	0-70 (gem. / av.)	54 mm
V ₂	70-100 („)	85 mm
V ₃	100-130 („)	116 mm
V ₄	130-160 („)	145 mm
V ₅	>160 („)	174 mm

Fig. 10. Relation of yield (corrected for mildew) to watertable in March in relation to moisture-holding capacity of the soil in the layer 0-75 cm

ter beschikking stond. Alleen op sterk vochthoudende profielen (130-160 mm) moet de grondwaterstand in maart lager zijn, omdat daar meer luchtgebrek optrad. Op de meest vochthoudende profielen (meer dan 160 mm) nam de opbrengst toe, naarmate de ontwatering reeds vroeg in het voorjaar beter was.

Over het algemeen was de opbrengst beter, naarmate de natuurlijke ontwatering van winter naar zomer, tot uiting komend in de daling van de grondwaterstand, groter was. Dit was vooral van betekenis voor de meer vochthoudende profielen waar de luchtvoorziening eerder in het gedrang komt en een tekort aan water niet zo spoedig optreedt (tabel 28).

Tabel 28. De invloed van de daling van de grondwaterstand op de opbrengst, in afhankelijkheid van het vochtbergend vermogen van de grondlaag 0-75 cm

Vochthoudend vermogen van de grond in mm		Gemiddelde opbrengst in hg / plant bij verschil in grondwaterstand tussen maart en juli van			Gemiddelde opbrengst in hg / plant
klasse	gem.	30-100 cm (gem. 80 cm)	105-125 cm (gem. 116 cm)	130-290 cm (gem. 166 cm)	
40-100	72	2,37	2,39	2,52	2,42
101-135	118	2,66	2,61	2,72	2,66
136-187	157	2,44	2,68	2,81	2,64
Gem. / Average		2,49	2,56	2,68	
class	av.	30-100 cm (av. 80 cm)	105-125 cm (av. 116 cm)	130-290 cm (av. 166 cm)	
Water holding capacity of the soil in mm		Average yield in hg/plant at difference in watertable between March and July of			Average yield in hg / plant

Table 28. The interaction of lowering of groundwater level and water holding capacity of the soil layer 0-75 cm on yield

Bij een hoge grondwaterstand in maart kwam de gunstige werking van een sterke daling in de grondwaterstand duidelijker naar voren (tabel 29).

Tabel 29. De invloed van de daling van de grondwaterstand in de zomer op de opbrengst in afhankelijkheid van de waterstand in de winter

Grondwaterstand maart in cm		Gemiddelde opbrengst in hg / plant bij verschil in grondwaterstand tussen maart en juli van		Gemiddelde opbrengst in hg / plant
klasse	gem.	30-100 cm (gem. 80 cm)	130-290 cm (gem. 166 cm)	
5- 35	24	2,51	2,91	2,71
70-125	87	2,21	2,47	2,34
Gem. / Average		2,36	2,69	
class	av.	30-100 cm (av. 80 cm)	130-290 cm (av. 166 cm)	
Watertable March in cm		Average yield in hg / plant at difference in watertable between March and July of		Average yield in hg / plant

Table 29. The influence on yield of the lowering of the watertable in summer as dependent on the watertable in winter

Een lage grondwaterstand in juli was voor het gewas gemiddeld minder ongunstig als deze volgde op een hoge waterstand in de winter (tabel 30). Waarschijnlijk hield

Tabel 30. De invloed van de grondwaterstand in juli op de opbrengst in afhankelijkheid van de daling van de grondwaterstand

Grondwaterstand juli in cm		Gemiddelde opbrengst in hg / plant bij verschil in grondwaterstand tussen maart en juli van			Gemiddelde opbrengst in hg / plant
klasse	gem.	30-100 cm (gem. 80 cm)	105-125 cm (gem. 116 cm)	130-290 cm (gem. 166 cm)	
35-150	120	2,48	2,89	2,89	2,75
155-185	172	2,57	2,57	2,67	2,60
> 190	>225	1,78	2,10	2,63	2,17
Gem. / Average		2,28	2,52	2,73	
class	av.	30-100 cm (av. 80 cm)	105-125 cm (av. 116 cm)	130-290 cm (av. 166 cm)	Average yield in hg / plant
Watertable July in cm		Average yield in hg / plant at difference in watertable between March and July of			

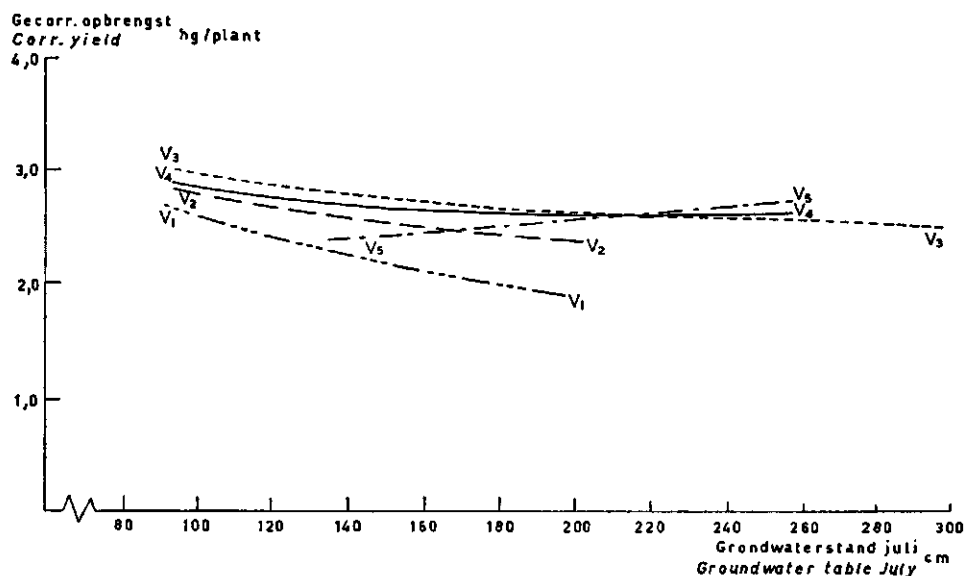
Table 30. The influence of height of watertable in summer and its lowering on crop yield

het profiel in dergelijke gevallen het vocht voor het gewas langere tijd vast. Het kan echter ook zijn, dat de fijnere zandgronden een grotere daling in de grondwaterstand hebben (r tussen grondwaterstands daling en $\% 0-50 \mu = +0,41$). De rangschikking naar daling was dan tevens een selectie op de meer leemhoudende gronden; men heeft dan ook meer beschikbaar vocht. De waargenomen interactie is niet in overeenstemming met de gegevens van VISSER (1948), wel met hetgeen BLOEMEN (1951) bij winterrogge vond. Ook STOLP en WESTERHOF (1954) wijzen erop, dat op daarvoor geschikte profielen een beperkte fluctuatie een waterconserverende werking kan hebben, die ten goede komt aan de vochtvoorziening in de zomer en minder zware eisen stelt aan de ontwatering in de winter. Hoe diep het grondwater in het groeiseizoen mag dalen ten opzichte van de winterwaterstand hangt af van de diepte en de groeisnelheid van de wortels. Voor ondiep wortelende gewassen op zandgrond wordt de toelaatbare daling geschat op 15 cm, waardoor op zandgrond circa 30 mm vocht voor de plantewortel beschikbaar komt, en voor diep wortelende gewassen op 30 cm met 60 mm meer beschikbaar vocht (Commissie Waterbeheersing, 1957). Ook al daalt de grondwaterstand buiten het bereik van de wortels, toch is het gewas pas later in het seizoen aangewezen op de hangwaterzone en zal het langer een droogteperiode kunnen doorstaan dan een gewas op een profiel met alleen hangwater (VAN DIEPEN, 1954).

Er was een betrouwbare correlatie tussen de grondwaterstand in juli en het vochtbergend vermogen van het profiel (correlatiecoëfficiënt $+0,37$). Gronden met een geringe capaciteit om water vast te houden, en op een plaats waar de grondwaterstand gedurende de zomermaanden zeer laag is, zijn niet geschikt voor de teelt van aardbeien. Zij kwamen dan ook in het verzamelde proefmateriaal maar weinig voor.

Grafisch was er een wisselwerking aan te tonen tussen de invloed van de grondwaterstand in de zomer en die van het vochthoudend vermogen van de grond (figuur 11).

Fig. 11. Op meeldauw gecorrigeerde opbrengst tegen grondwaterstand in juli met indeling naar vochthoudend vermogen van de grond in de laag van 0-75 cm diepte



Vochtbergend vermogen V van grond tot 75 cm diepte (Water-holding capacity V in the layer 0-75 cm)
pF 2,0-pF 4,2

Klasse / Class

V_1	0-70 (gem. / av. 54) mm
V_2	70-100 („ 85) mm
V_3	100-130 („ 116) mm
V_4	130-160 („ 145) mm
V_5	> 160 („ 174) mm

Fig. 11. Relation of yield (corrected on mildew) to watertable in July in relation to moisture-holding capacity of the soil in the layer 0-75 cm

Op de gronden met een gering vochthoudend vermogen (0-70 mm, gemiddeld 54 mm beschikbaar vocht tot 75 cm diepte) daalde de opbrengst het sterkst met toenemende diepte van de waterstand. De ongunstige reactie van het gewas op een lage waterstand in de zomer was geringer naarmate de grond meer vocht kon bevatten. Op de sterk leemhoudende gronden (meer dan 160 mm vocht tot 75 cm diepte, gemiddeld 174 mm) groeide de aardbei gunstiger bij een zeer lage grondwaterstand in juli. Waarschijnlijk betekent dit indirect een betere ontwatering van het perceel in de winter. Bij een hogere grondwaterstand in juli was het vochthoudend vermogen gunstig tot een zeker maximum (100-130 mm, gemiddeld 116 mm). Zwaardere gronden

met meer leem en een vochthoudend vermogen boven 130 mm haalden de topopbrengst niet. In het beschouwde traject voor de grondwaterstand in juli, van 80-250 cm onder het maaiveld, gaf de hoogste waterstand over het algemeen de hoogste opbrengst. Hoe de opbrengst ligt bij nog hogere grondwaterstand in juli en hoe de invloed van de zwaarte van de grond daarop is, valt uit dit materiaal niet te zeggen.

De correlatie werd bepaald tussen de gemeten opbrengsten en de opbrengsten uit de grafieken voorspeld in afhankelijkheid van de grondwaterstand in juli en het vochthoudend vermogen van het profiel. Het verband bleek slechts zeer matig te zijn (multiële correlatiecoëfficiënt 0,22).

Een berekening leerde, dat het tekort aan neerslag t.o.v. de verdamping aan het einde van de oogstperiode (20-30 juli 1955) tussen 127 en 163 mm kan worden geschat (tabel 37, par. 9.1). Voor de twee hoogste klassen van het vochthoudende vermogen van de grond zou dus geen nadelige invloed van een diepe grondwaterstand te verwachten zijn, gesteld dat eind maart de grond zich nog op veldcapaciteit bevond. Hierbij moet echter niet uit het oog worden verloren, dat de groei en de opbrengst van het gewas reeds achteruit kunnen gaan lang voordat het verwelkingspunt van de grond is bereikt. STOLP en MOHRMANN (1953) gaan ervan uit, dat aanvulling door beregening gewenst is, zodra 50 % van het beschikbare vocht is verdwenen. Bovendien moet rekening worden gehouden met de 'effectieve' worteldiepte, d.w.z. de diepte tot welke de plant in staat is de vochtvoorraad van de grond praktisch geheel te gebruiken.

SIEBEN, SMITS en VISSER (1955) namen de dikte van het humeuze dek als maat voor het vochtbergende vermogen van het profiel. Zij vonden voor rogge vooral in het droge jaar 1949, een zeer duidelijke interactie tussen de invloed van de dikte van deze laag en die van de diepte van de grondwaterstand in de zomer op de opbrengst. Deze was des te lager bij diepe grondwaterstand naarmate het humeuze dek dunner was. Dat de aardbei in 1955 dit minder duidelijk toonde kan zijn oorzaak vinden in een grotere vochtbehoefte vroeger in het seizoen, gecombineerd met een natte meimaand, en in een langer profijt van een veel sterker dalende grondwaterstand. SIEBEN spreekt van een gemiddeld verschil van 20 cm tussen de waterstand in de zomer en in de winter (extremen tussen 0 en 45 cm), terwijl hier een gemiddelde grondwaterstandsval van 115 cm werd gevonden.

In de publikatie van FERRARI c.s. (1957) werd op dezelfde wijze als hierboven tewerk gegaan. Het vochthoudende vermogen van het profiel werd berekend via de dikte van de humus- en leemlaag en de gehalten aan humus en leem. Zelfs op de betere profielen met 146 mm beschikbaar vocht in de doorwortelde laag (118 mm en meer) was er nog een opbrengstdaling en was aanvoer van water uit de ondergrond noodzakelijk. Dit komt overeen met de gegevens van figuur 11. Alleen bij de sterk leemhoudende profielen (160 mm en meer) was de opbrengst van de aardbei hoger bij lage grondwaterstand. Bovengenoemde auteurs achtten de schatting van het vochtbergende vermogen een goede maat voor de gevoeligheid voor droogte van het profiel, al zal voor elk zandgebied een eigen karakteristieke waarde bepaald moeten worden (zie BOEKEL en PEERLKAMP, 1957).

8 Meerdimensionale bewerking van de geschatte opbrengst in 1955 volgens de polyfactoranalyse

8.1 Inleiding

De geschatte opbrengsten per are werden volgens de polyfactoranalyse bewerkt (FERRARI, 1952; KUIPERS, 1955). De keuze van de geschatte opbrengst uit drie wijzen van opbrengstbepaling zal in par. 8.10 nader worden toegelicht.

In de polyfactoranalyse werden die factoren betrokken, die met de opbrengst een duidelijke samenhang vertoonden, zowel volgens de tweedimensionale grafieken, waarin de opbrengst was uitgezet tegen de bodemfactoren als volgens de daarop volgende correlatieberekening. Bij de bewerking werd het materiaal aan de hand van de profielbeschrijving in twee groepen gesplitst. Deze zijn volgens de legenda van de gedetailleerde overzichtskaart van de gemeente Zundert (bijlage 2) aldus beschreven:

groep 1: grove tot matig grove zandgronden (Zg 1 tot Zg 6/Zg 7) en zandgronden (Z 1 tot Z 7),

groep 2: zandgronden met een laag lemig zand boven 80 cm (Xo 1 tot Xo 6) en lemige zandgronden (X 1 tot X 5).

Deze splitsing in twee groepen werd uitgevoerd nadat in de oriënterende bewerking de samenhang van de grondwaterstand in juli met de opbrengst een grote spreiding vertoonde (par. 7.4.4). Bij nadere bestudering van het materiaal werd de codering van de profielgegevens onvoldoende geacht om de grote verschillen tussen beide groepen, speciaal wat de watervoorziening aangaat, onder één noemer te brengen. Deze beslissing werd ook genomen op basis van de veldervaring, waarbij tussen de zandgronden en de leemhoudende zandgronden zo grote verschillen naar voren kwamen, dat aan de mogelijkheid van het coderen van de bodemfactoren op dezelfde schaal reeds werd getwijfeld. Hiermee kon één van de beoogde doelstellingen, tot nu toe niet expliciet vermeld, niet worden bereikt: het ontleden van de factoren in de bodem naar hun invloed op de opbrengst, afzonderlijk en in wisselwerking met andere op zodanige wijze, dat na de analyse een synthese kon worden gemaakt, waarin de betekenis van het onderscheiden van bodemtypen ten opzichte van de waarde-bepaling van de factoren afzonderlijk kon worden afgewogen.

Het aantal proefplekken bedroeg 164 voor groep 1 (zandgronden) en 122 voor groep 2 (leemhoudende zandgronden). In tabel 31 zijn de correlatiecoëfficiënten vermeld tussen de factoren die in de analyse betrokken waren. Deze zijn berekend uit het gehele proefplekkenmateriaal. Waarden boven 0,50 kwamen slechts voor tussen de factoren humus - vochtgehalte bouwvoor juli, fractie 0-50 μ - vochtgehalte bouwvoor

juli, grondwaterstand maart - vochtgehalte bouwvoor juli en K-HCl - MgO-NaCl.

De met de polyfactoranalyse verkregen grafieken geven de beste schatting van de invloed van de factoren op de opbrengst. Andere schattingen zijn echter ook aan-nemelijk binnen de te stellen betrouwbaarheidsgrenzen. De grafieken zijn daarom statistisch getoetst in een meervoudige regressieberekening van onderstaande vorm. Elke grafiek voorspelt hierin bij een bepaald gehalte van een factor een opbrengst.

$$\text{opbrengst} = a_1f(\text{aaltjes}) + a_2f(\text{meeldauw}) + a_3f(\text{windschade}) + \dots$$

Bij juiste schatting van de invloed van de factoren zijn de coëfficiënten a_1 , a_2 , a_3 enz. gelijk aan 1. In een éénzijdige t-toets bij onbetrouwbaarheidsdrempels van $P = 0,05$ en $P = 0,01$ is voor iedere factor nagegaan, of het inderdaad verantwoord was er enige betekenis voor de opbrengst aan toe te kennen. Voorts werd de juistheid van de curven onderzocht door een statistische controle van de berekende coëfficiën-ten a_1 , a_2 , a_3 , enz. die niet betrouwbaar van 1 mogen afwijken. Als zo'n coëfficiënt groter is dan 1, is de invloed van de betrokken factor onderschat. Is ze kleiner dan 1, dan is deze overschat. Indien de coëfficiënten a van 1 afwijken, kan het gevonden verband worden gecorrigeerd door de opbrengstschaal te veranderen door deze met $1/a$ te vermenigvuldigen. Tabel 32 geeft het resultaat van deze statistische controle.

Er werden in de polyfactoranalyse 12 factoren geanalyseerd voor de lemige zand-gronden en 13 voor de grove en normale zandgronden. Sommige variabelen gaven de interactie van twee bodemfactoren weer, zoals die tussen grondwaterstand juli en

Tabel 31. Correlatiecoëfficiënten voor de factoren in de polyfactoranalyse met de opbrengst

Factoren	meel- dauw	wind- schade	grond- water- stand in juli	grond- fractie 0-50 μ	grond- water- stand maart
aaltjes / <i>Aphelenchoides fragariae</i>	- 0,11	+ 0,12	- 0,01	+ 0,04	+ 0,03
meeldauw / <i>Sphaerotheca macularis</i>		- 0,08	- 0,05	+ 0,16	+ 0,02
windschade / wind damage			+ 0,07	- 0,20	- 0,06
grondwaterstand juli / watertable July				+ 0,36	+ 0,41
bodemfractie 0-50 μ / soil fraction 0-50 μ					- 0,04
grondwaterstand maart / watertable March					
vochtgehalte (moisture content) 5-20 cm, juli / July					
% humus / % organic matter					
dikte humusdek / thickness of humic layer					
stalmest / farmyard manure					
pH-KCl					
P-citr / P-citric acid					
K-HCl / K_2O-HCl					
MgO-NaCl					
	<i>Sphaero- theca mac.</i>	<i>wind damage</i>	<i>water- table in July</i>	<i>soil fraction 0-50 μ</i>	<i>water- table in March</i>
Factors					

Table 31. Correlation coefficients for the factors in the polyfactor analysis with the yield

fractie 0-50 μ , enz. De helft van het aantal variabelen had een coëfficiënt die statistisch betrouwbaar van nul afweek.

Op beide bodemreeksen werd de ongunstige invloed van aaltjes, meeldauw en windschade statistisch betrouwbaar vastgesteld. Een hoger P-citr was op beide reeksen betrouwbaar gunstig.

Een interactie tussen fractie 0-50 μ en grondwaterstand juli was op de leemhoudende zandgrond duidelijk aantoonbaar, evenzo een interactie tussen K-HCl en vochtgehalte in de bouwvoor in juli in de laag 5-20 cm. Op grove en normale zandgronden waren het humusgehalte van de bovengrond, de dikte van de humeuze laag en het gebruik van stalmest meer bepalend voor de hoogte van de opbrengst dan op de leemhoudende zandgronden. Bepaalde factoren oefenden volgens de polyfactoranalyse een invloed uit die afhankelijk was van het bodemtype. Deze achteraf vastgestelde interacties rechtvaardigden dus de splitsing van het materiaal in twee groepen.

In vier gevallen week de schatting van de coëfficiënt a statistisch betrouwbaar af van 1 (pH-KCl; interactie K-HCl en vochtgehalte bouwvoor in juli; MgO-NaCl op lemige zandgrond; interactie grondwaterstand juli en fractie 0-50 μ op zandgrond). De coëfficiënten waren kleiner dan 1, zodat de invloed van deze factoren op de opbrengst was overschat. Dit is in de desbetreffende figuren (en ook in andere) aangegeven door een gestippelde schaalverandering.

De lage correlatie van de geschatte opbrengst met de afzonderlijke factoren deed niet verwachten dat de variatie in opbrengst door middel van de polyfactoranalyse voor een groot deel verklaard zou kunnen worden door variatie in bodemfactoren.

vocht- gehalte juli	humus %	dikte humus- dek	stalmest	pH-KCl	P-citr	K-HCl	MgO-NaCl	geschatte opbrengst
-0,02	-0,02	+0,01	+0,05	+0,04	+0,05	0,00	+0,01	-0,37
+0,13	+0,09	0,00	+0,02	+0,13	+0,14	+0,06	+0,05	-0,32
-0,10	-0,02	-0,04	-0,06	-0,07	0,00	+0,01	+0,06	-0,29
-0,19	+0,23	+0,26	0,00	-0,25	+0,03	+0,04	-0,04	-0,06
+0,52	+0,43	+0,08	-0,04	+0,03	+0,13	+0,45	+0,20	+0,06
-0,57	-0,07	+0,37	+0,13	-0,36	+0,08	-0,21	-0,22	+0,02
	+0,60	-0,12	-0,11	+0,35	-0,06	+0,39	+0,38	+0,02
		+0,06	-0,09	+0,03	+0,11	+0,32	+0,27	+0,08
			+0,09	-0,25	+0,05	-0,02	-0,11	+0,05
				+0,02	+0,08	-0,01	+0,01	+0,12
					+0,26	+0,31	+0,45	-0,02
						+0,38	+0,05	+0,24
							+0,59	+0,05
								-0,06
vocht- gehalte juli	organic matter %	thickness humic layer	farm- yard manure	pH-KCl	P-citr. acid	K ₂ O- HCl	MgO- NaCl	estimated yield

Tabel 32. Statistische controle van de polyfactoranalyse bij bewerking van de opbrengstgegevens

Factoren	Lemige zandgronden (Xo en X)				Zandgronden (Zg en Z)			
	n = 122				n = 164			
	coëfficiënt = a	s	t voor a = 0	t voor a = 1	coëfficiënt = a	s	t voor a = 0	t voor a = 1
		afwijking				afwijking		
aaltjes / <i>Aphelenchoides fragariae</i>	1,37	0,35	3,9**	1,1	0,91	0,23	4,0**	0,4
meeldauw / <i>Sphaerotheca macularis</i>	0,77	0,22	3,5**	1,0	0,86	0,35	2,5*	0,4
windschade / wind damage	0,90	0,39	2,3*	0,3	1,08	0,37	2,9*	0,2
interactie grondwaterstand juli × fractie 0-50 µ / interaction waterable July × % 0-50 µ	0,90	0,24	3,8**	0,4	0,39	0,28	1,4	2,2*
grondwaterstand maart / waterable March	—	—	—	—	1,33	0,93	1,4	0,4
interactie grondwaterstand maart × grondwaterstand juli / interaction waterable March × waterable July	0,48	0,35	1,4	1,5	—	—	—	—
vochtgehalte bouwvoor juli / moisture content 5-20 cm July	—	—	—	—	1,12	0,97	1,2	0,1
humus % / % organic matter	0,43	0,45	1,0	1,3	0,96	0,29	3,3*	0,1
dikte humuslaag / thickness humic layer	0,31	0,67	0,5	1,0	1,26	0,59	2,1*	0,4
stalmest / farmyard manure	0,43	0,58	0,7	1,0	0,94	0,38	2,5*	0,2
pH-KCl	0,31	0,28	1,1	2,5*	0,41	0,49	0,8	1,2
P-citr / P-citric acid	1,02	0,41	2,5**	0	0,53	0,31	1,7*	1,5
K-HCl / K ₂ O-HCl	—	—	—	—	0,08	0,70	0,1	1,3
interactie K-HCl × vochtgehalte juli / interaction K ₂ O-HCl × moisture content July	0,47	0,21	2,2*	2,5*	—	—	—	—
MgO-NaCl	—	0,27	0,52	2,4*	—	0,11	0,71	1,6
	coëfficiënt = a	standard deviation s	t for a = 0	t for a = 1	coëfficiënt = a	standard deviation s	t for a = 0	t for a = 1
<hr/>								
Factoren	Louny sandy soils (Xo and X) n = 122				Sandy soils (Zg and Z) n = 164			

* P = 0,05 voor t eenzijdig = 1,7 (a = 0) en t tweezijdig = 2,0 (a = 1) / P = 0,05 for t-one-tail = 1,7 (a = 0) and t-two-tails = 2,0 (a = 1)

** P = 0,01 voor t eenzijdig = 2,4 (a = 0) en t tweezijdig = 2,6 (a = 1) / P = 0,01 for t-one-tail = 2,4 (a = 0) and t-two-tails = 2,6 (a = 1)

Tabel 32. Statistical evaluation of influence of factors on yield data in polyfactor analysis. Regression coefficients (= a) of yield assessing curves must be 1

De multipale correlatiecoëfficiënt van de meervoudige regressieberekeningen is voor lemige zandgrond en zandgrond resp. 0,68 en 0,60. Dit betekent, dat slechts 46 % resp. 36 % van de variatie in de opbrengst met behulp van de polyfactoranalyse wordt verklaard.

De geschatte opbrengsten liepen uiteen van 15 tot 150 kg per are; deze grote verschillen hadden een beter resultaat doen verwachten. Zowel het niet waarnemen van bepaalde factoren als het onvoldoende kwantitatief vastleggen van factoren (schattingcijfers, codificatie van het profiel) kunnen hiervan de oorzaak zijn. Zo werd bijvoorbeeld een aanwijzing verkregen dat het kopergehalte van de grond van belang is (par. 7.3.4). Deze factor werd echter te laat ontdekt om in de polyfactoranalyse te kunnen worden opgenomen.

De factoren die de opbrengst beïnvloeden kunnen in vijf groepen worden verdeeld: ziekten, windschade, waterhuishouding, organische stof en chemische bodemvruchtbaarheid.

In de grafieken zijn de opbrengsten weergegeven na correctie op alle in de polyfactoranalyse opgenomen factoren behalve de beschouwde factor. De lijnen zijn gevonden door driedimensionale bewerking. Bij de hier gevolgde tweedimensionale weergave van de opbrengst tegen de afzonderlijke factoren werd in één vlak geprojecteerd. De lijn past dan soms niet geheel in de stippenzwerm. Over het algemeen geeft de afbeelding echter wel een globaal idee over de betrouwbaarheid.

8.2 Invloed van aaltjes

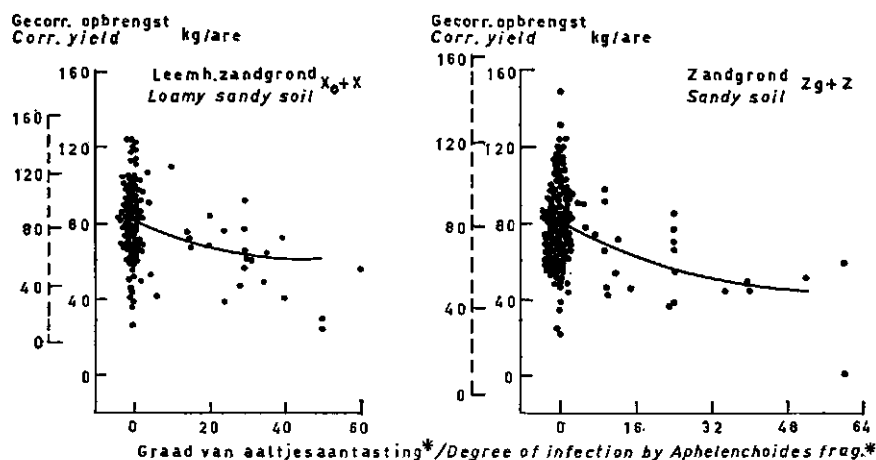
De bladaaltjes, *Aphelenchoides ritzemabosi* en *Aphelenchoides fragariae* en het stengelaaltje, *Ditylenchus dipsaci* veroorzaken ziekteverschijnselen, die veel op elkaar lijken. Komen deze parasieten tezamen in de plant voor, dan overheersen meestal de symptomen van de stengelaaltjesaantasting. Wat in het volgende als aaltjesaantasting wordt beschreven, kan door een van deze drie aaltjes veroorzaakt zijn, maar *Aphelenchoides fragariae* treedt in Zundert het meest op.

De mate van aantasting door aaltjes werd alleen op het oog beoordeeld. De op de abscis getekende schaal is het produkt van de schattingscijfers voor percentage en mate van aantasting, gedeeld door 10.

Bij de beoordeling op het oog zullen bij dit ziektebeeld slechts de ernstigste gevallen onderkend zijn. Men kan stellen dat een deel van de proefplekken als gezond zal zijn beschouwd, hoewel het toch min of meer door aaltjes was aangetast.

De opbrengst daalde wiskundig betrouwbaar onder invloed van de ziekte en wel op leemhoudende zandgrond gemiddeld van 88 tot 51 en op zandgrond van 84 tot 49 kg per are. Bij een gemiddelde plantdichtheid van 420 planten per are werd dus 36 kg aardbeien minder geoogst. De relatieve opbrengstdaling door een ernstige aaltjesaantasting was 42 % (fig. 12).

Fig. 12. Gecorrigeerde opbrengst van Jucunda in 1955 in afhankelijkheid van de aantasting door aaltjes



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

* Zie noot 7, bijlage 1 / See note 7, appendix 1

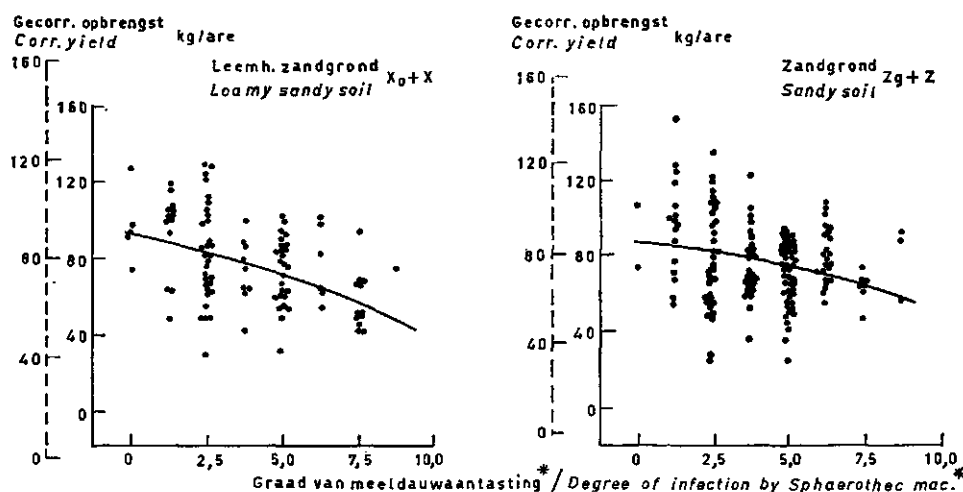
Fig. 12. Corrected yield of strawberry variety Jucunda in relation to infection by nematodes (mainly *Aphelenchoides fragariae*)

8.3 Invloed van meeldauw

Aan het eind van de pluktijd werd het gewas gewaardeerd op de mate van aantasting door meeldauw. Er bleek een duidelijk verband te bestaan tussen opbrengst en aantasting (fig. 13). Dit verband was voor beide bodemgroepen wiskundig betrouwbaar.

De ziekte deed zo op de leemhoudende zandgronden in ernstige gevallen de opbrengst dalen van 91 tot 65 kg, d.i. 26 kg per are. De relatieve opbrengstdaling was 29%.

Fig. 13. Schadelijke werking van meeldauw op de gecorrigeerde opbrengst van Jucunda in 1955



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

* Zie noot 8, bijlage 1 / See note 8, appendix 1

Fig. 13. Detrimental effect of mildew (*Sphaerotheca macularis*) on corrected yield of Jucunda in 1955

8.4 Invloed van wind

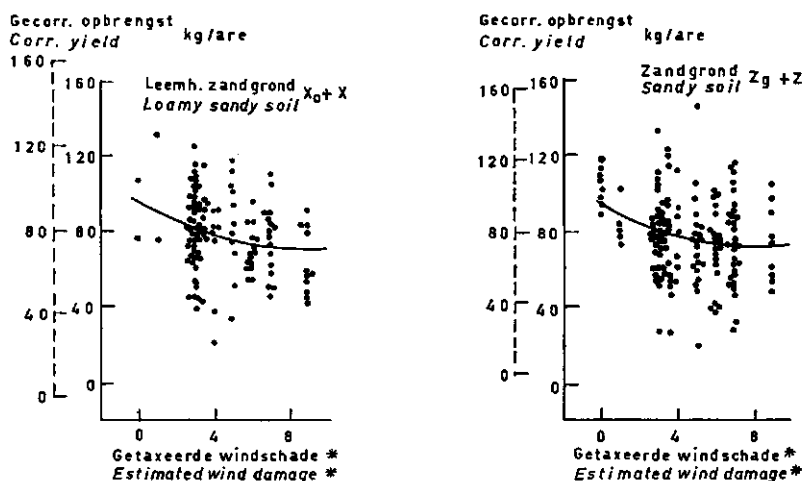
In diverse publikaties is de invloed van wind en windschermen op de opbrengst beschreven.

Zo vermelden VISSER (1950) en GOEDEWAAGEN (1952) dat op onbeschutte percelen op duinzand in het Kennemerland het wortelstelsel van de aardbei door de slechte groei van de plant zo beperkt was, dat schade door droogte daar in heviger mate dan op de beschutte percelen optrad. De luwte van een windscherm gaf een verhoging van opbrengst en een vervroeging van de oogst (VAN RHEE, 1959). Het nuttige effect strekte zich uit tot een afstand van zes maal de hoogte van een middelmatig dicht windscherm, bij een dicht scherm iets minder. Voor 'Deutsch Evern' werd de oogst met maximaal zeven, bij Jucunda met vier dagen vervroegd. De opbrengstverhoging kan soms 20% bedragen. VAN RHEE berekende een rendementsverhoging van 30 tot 50%. Door de beschutting werd ook de bladontwikkeling gestimuleerd. Luwte bevorderde waarschijnlijk de vorming van bloemknoppen en begunstigde de vruchtzetting. FISCHER (1955) geeft als resultaat van een windscherm een opbrengstvermeerdering van 13-30% en een oogstvervroeging aan.

Een windscherm dat voor $\pm 60\%$ gesloten is, heeft een zeer gunstig effect, in het voorjaar tegen de schadelijke noordoostewind, in de voorzomer tegen westewind (ROELOFSEN EN SCHALK, 1961).

In april 1955 kwam een droge periode met veel wind voor. Het jonge aardbeiblاد vertoonde daardoor beschadiging. Er vond een globale beoordeling plaats van het schadebeeld. Hoewel dit slechts één opname betreft, werd toch een duidelijke, voor beide bodemgroepen wiskundig betrouwbare samenhang van het schattingscijfer met de opbrengst gevonden (fig. 14).

Fig. 14. Gecorrigeerde opbrengst van Jucunda in 1955 tegen schadelijke invloed van de wind, geschat in april aan het blad



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

* Zie noot 8, bijlage 1 / See note 8, appendix 1

Fig. 14. Harmful effect of wind on corrected yield of Jucunda

De aardbei verlangt blijkbaar beschutting, maar er is niet meer uit te maken, of deze samenhang alleen berust op de in april geleden schade. Het gewas profiteerde waarschijnlijk tijdens de gehele groeiperiode in het voorjaar en misschien vooral tijdens de bloeiperiode van de beschutting.

Volgens de grafieken stak de opbrengst van de Jucunda op een luw perceel gunstig af bij die op een sterk aan wind blootgesteld perceel (gemiddelde geschatte opbrengst resp. 95 en 71 kg per are, d.i. een relatieve opbrengstvermindering van 26%). De duidelijk schadelijke invloed van wind op de opbrengst is in overeenstemming met de bovenstaande literatuurgegevens.

8.5 Opbrengst in 1955 en grondwaterstand

De grondwaterstand werd eind maart na een laat ingevallen vorstperiode en in juli tijdens de pluk volgens de onder 7.4.3 beschreven methode bepaald.

8.5.1 Grondwaterstand in de zomer

De interactie tussen de fractie 0-50 μ en de grondwaterstand in juli was alleen voor de groep met de bodemtypen Xo en X wiskundig betrouwbaar. Op de zandgronden met weinig leem, met een fractie 0-50 μ uiteenlopend van 9 tot 20% (gemiddeld 17%), was de opbrengst duidelijk lager naarmate de grondwaterstand gemeten tijdens de pluk in midden tot eind juli dieper was. Men krijgt een goede opbrengst als men de waterstand in de zomer boven 1,00 meter handhaaft (fig. 15). De opbrengstverlagende invloed van een diepe grondwaterstand was niet of nauwelijks waarneembaar bij de meer leemhoudende zandgronden.

In analogie met de gegevens over de leemhoudende zandgronden werd ook een ongunstige invloed van een diepe grondwaterstand in de zomer gevonden op de grove en fijne zandgronden met een gering gehalte aan fijne delen (fractie 0-50 μ uiteenlopend van 6 tot 11%, gemiddeld 9%; fig. 16).

Van een lage waterstand in de zomer zou echter een gunstige invloed uitgaan bij de hoogste gehalten aan fractie 0-50 μ in gewone zandgronden. Deze tendens moet echter onwaarschijnlijk worden geacht.

8.5.2 Grondwaterstand in het voorjaar

De invloed op de opbrengst van de grondwaterstand in maart, als maat voor hoge waterstanden in de winter, kon niet wiskundig betrouwbaar worden aangetoond.

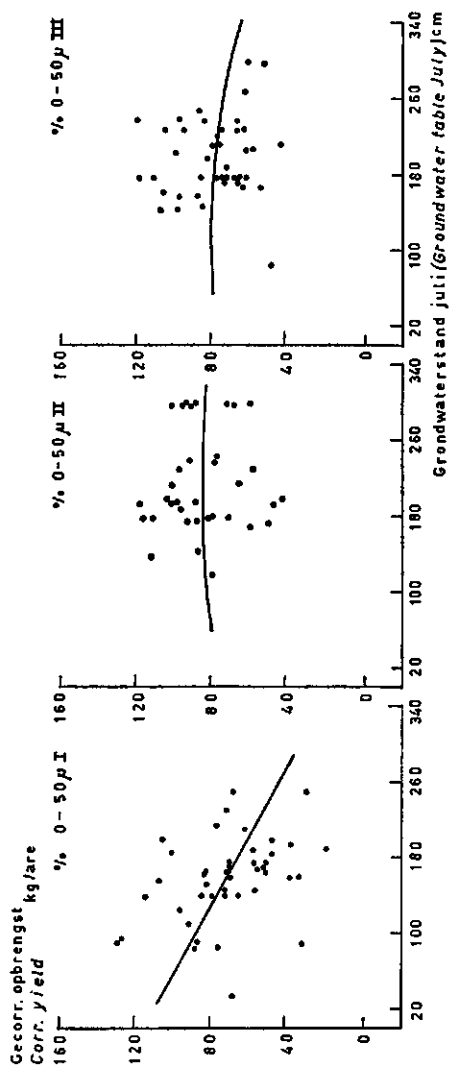
Voor de leemhoudende zandgronden werd een wisselwerking met de invloed van de waterstand in de zomer gevonden (fig. 17). Een zeer hoge grondwaterstand in maart was gunstig, maar alleen indien de waterstand in juli niet te diep daalde, niet dieper dan gemiddeld 140 cm onder het maaiveld. De bodem diende derhalve tijdens het groeiseizoen permanent vochtig te zijn. Ook BLOEMEN (1951) vond, voor winterrogge, dat bij ondiepe ontwatering een kleine daling in de grondwaterstand gunstiger was.

Was de waterstand in de zomer laag, dan was een groot verschil met de waterstand in maart ongunstig. Een diepere grondwaterstand in maart verdiende dan de voorkeur. Het rechtse deel van fig. 17 sluit aan bij het negatieve verband dat VISSER (1948, 1950) vond tussen opbrengst en daling in de grondwaterstand. Een hoge grondwaterstand in de winter leidt tot een ondiep wortelstelsel. Het gewas is dan later niet in staat snel genoeg met zijn wortels naar de diepte te groeien als des zomers de grondwaterstand zeer diep en daardoor relatief snel daalt, zodat het gewas dan door droogte lijdt.

Op de normale zandgronden werd geen wisselwerking tussen de waterstand in voorjaar en zomer waargenomen. Een grondwaterstand in maart van omstreeks 50 cm onder het maaiveld was gunstig. De curve had een zeer vlak verloop; van een duidelijk optimum was geen sprake (fig. 18).

Deze resultaten komen in grote lijnen overeen met hetgeen over de aardbeien-cultuur in Zundert geschreven is.

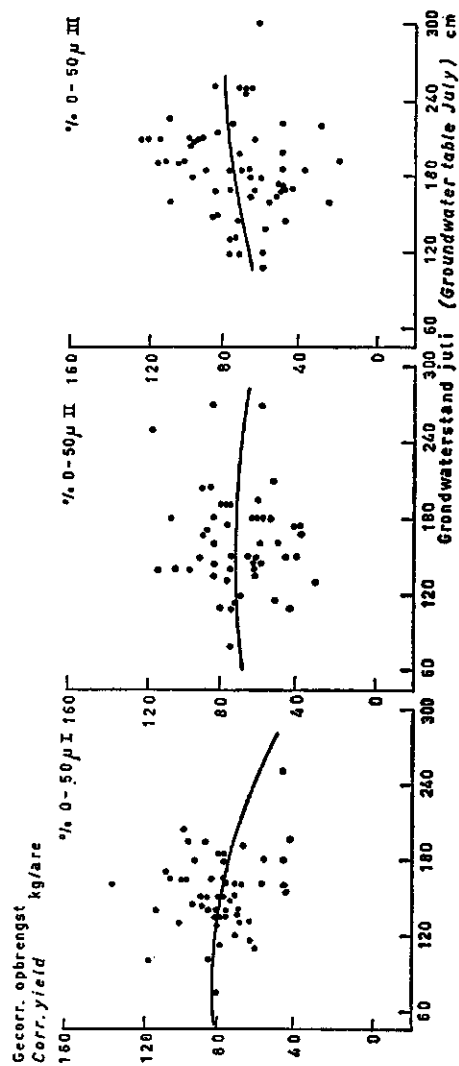
Fig. 15. De invloed van zwaarte van de grond en diepte van de zomerwatersstand op de gecorrigeerde opbrengst van Jucunda op leemhoudende zandgrond Xo en X



Klasse / Class I 9-20 (gem. / av. 17) % 0-50 μ
 II 21-26 (" 24) % 0-50 μ
 III 27-45 (" 31) % 0-50 μ

Fig. 15. Interaction of texture of loamy sand soils Xo and X and watertable in July on corrected yield of Jucunda

Fig. 16. De invloed van zwaarte van de grond en diepte van de zomerwaterstand op de gecorrigeerde opbrengst van Jucunda op zandgrond Z_g en Z



Klasse / Class I 6-11 (gem. / av. 9) % 0-50 μ
 II 12-15 (" 14) % 0-50 μ
 III 16-31 (" 20) % 0-50 μ

Fig. 16. Interaction of texture of sandy soils Z_g and Z and watertable in July on corrected yield of Jucunda

Fig. 17. Interactie tussen winter- en zomerwaterstand op de gecorrigeerde opbrengst van Jucunda in 1955 op leemboudende zandgrond Xo en X

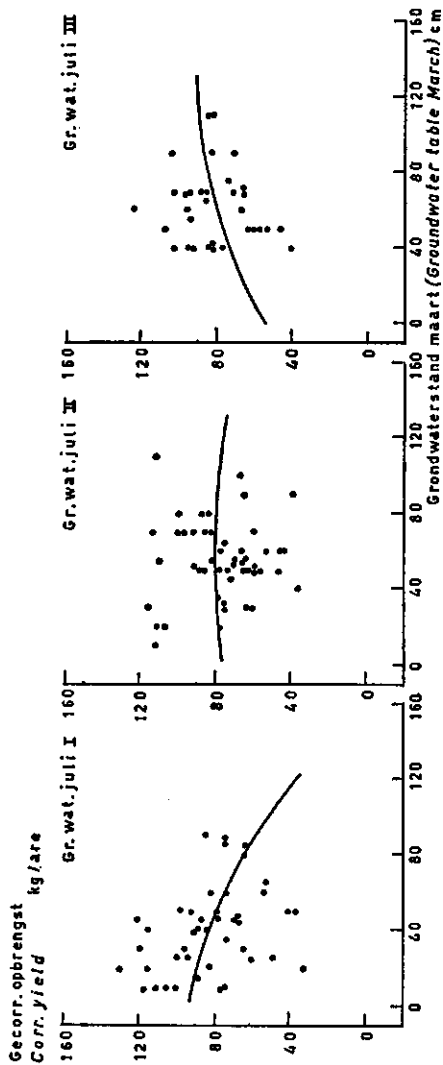
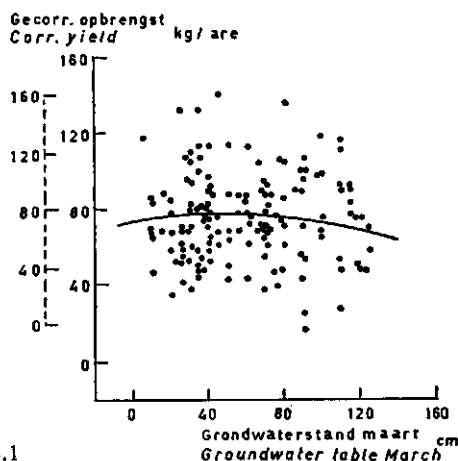


Fig. 17. Interactie van waterstand in winter en zomer op gecorrigeerde opbrengst van Jucunda op leemhoudende zandgronden Xo en X

Fig. 18. Gecorrigeerde opbrengst van Jucunda in 1955 op zandgrond Zg en Z uitgezet tegen de grondwaterstand in maart



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

Fig. 18. Influence of watertable in March on corrected yield of Jucunda for sandy soils Zg and Z

De belangrijkste factor voor de slechte stand van de aardbei in Zundert in de droge zomer 1949 was een lage waterstand in de zomer bij gering vochthoudend vermogen van het profiel. Gronden zonder storende lagen vertoonden minder verschijnselen van verdroging. De beste aardbeigronden in Zundert zijn volgens VAN LIERE (1950) fijnzandig of fijnzandig met leem met een waterstand in de winter op ongeveer 50 cm. Op de grovere zandgronden is een dikke humushoudende laag zonder storende laag gewenst.

STOLP vond op een hellende bosontginningsgrond te Zundert een lagere opbrengst en een vroeger rijpend gewas op het hogere gedeelte. De hoogste opbrengst werd verkregen bij een grondwaterstand, die gemiddeld over maart t/m de eerste week van juli uiteenliep van 26 tot 81 cm onder het maaiveld. Dit wijst op een hoge tolerantie van de aardbei voor hoge grondwaterstanden (Verslag Congres Watervoorziening, Noord-Brabant, 1954).

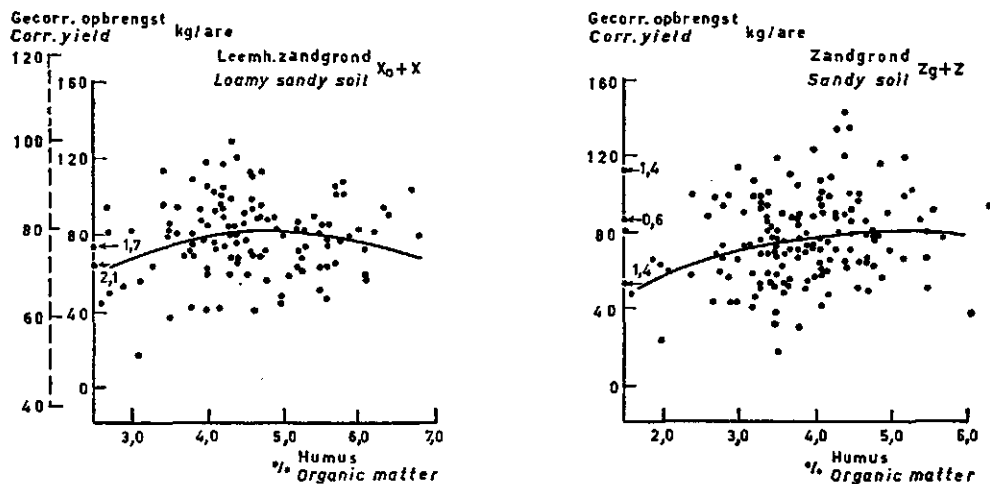
De verbetering van de ontwatering in de gemeente Zundert tijdens de winter vraagt een zorgvuldige studie in verband met de gevoeligheid voor droogte van de hoger gelegen lichte gronden, vooral bij culturen die veel vocht nodig hebben. Door de normalisatie van de beken zakt het grondwater zo diep, dat op de hoger liggende gronden verdroging optreedt (Verslag Congres, 1954; Commissie Waterbeheersing, 1957). Een oplossing zou zijn een behoorlijke ontwatering in de winter en een aanvullende beregening in de zomer. In 1955 en 1956 werden echter nog maar weinig regeninstallaties aangetroffen.

8.6 Invloed van organische stof in de bouwvoor op de opbrengst

Bij de bewerking van het proefplekkenmateriaal bleek op zandgronden de opbrengst wiskundig betrouwbaar te stijgen met het humusgehalte van de grond in de laag 0-20 cm. Bij een stijging van het humusgehalte van 2 % tot 5 % nam de opbrengst gemiddeld van 56 tot 81 kg per are toe (fig. 19). Dit betekende dus een opbrengstvermeerdering van 25 kg per are.

De gunstige werking van een hoger humusgehalte was op de leemhoudende zandgronden veel minder duidelijk; het verband was wiskundig niet betrouwbaar. Bij een humusgehalte van 4,5 % in de bouwvoor was de opbrengst gemiddeld 81 kg per are tegenover 74 kg op gronden met 3 % humus. Het is te begrijpen dat het humusgehalte op de leemhoudende gronden een minder belangrijke rol vervult voor het vochthoudend vermogen van het profiel. De daling in opbrengst bij hoge humusgehalten zou kunnen wijzen op luchtgebrek op bepaalde (laaggelegen) leemhoudende gronden met hoge grondwaterstand.

Fig. 19. Het verband tussen de gecorrigeerde opbrengst van Jucunda en het humusgehalte van de bouwvoor



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

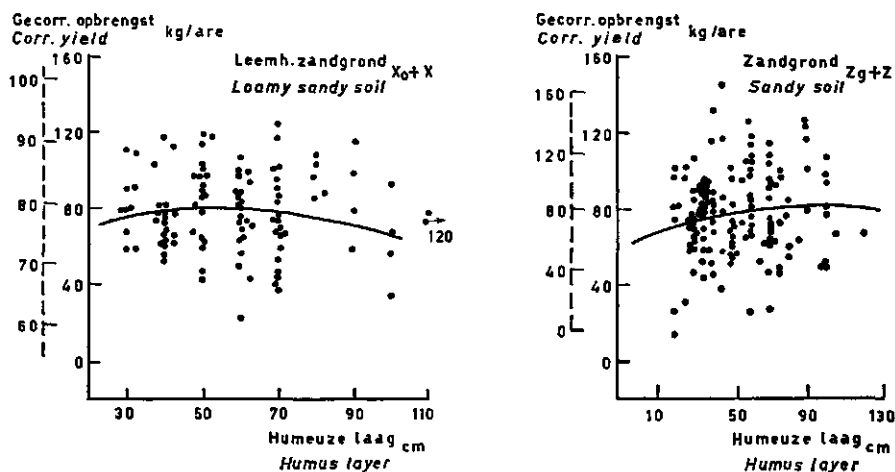
Fig. 19. Relation between corrected yield of Jucunda and organic matter in the top soil

8.7 Opbrengst in 1955 en dikte van de humushoudende laag

De gunstige invloed van een dikkere humeuze laag kwam het meest naar voren op de zandgronden (fig. 20). Bij toenemende dikte van het humeuze dek van 25 tot 90 cm steeg de opbrengst van 75 tot 85 kg per are, dus met 11 %.

Op de leemhoudende zandgronden was de invloed van de dikte van de humeuze laag op de opbrengst gering, vooral als men let op de gecorrigeerde schaalindeling (zie 8.1). Bovendien was er een ongunstige invloed waar te nemen bij gronden met een zeer dikke humeuze laag. Waarschijnlijk wijst een dergelijke laag op andere ongunstige bodemfactoren, zoals lage ligging, te veel vocht, enz. Op leemhoudende zandgronden zou een dikte van 50 cm te prefereren zijn. De invloed van de dikte van de laag was hier niet wiskundig betrouwbaar.

Fig. 20. De samenhang tussen de dikte van de humeuze laag in cm en de gecorrigeerde opbrengst van *Jucunda*



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

Fig. 20. Corrected yield of *Jucunda* in relation to thickness of humus layer in cm

Merkwaardig was dat geen duidelijke interactie werd gevonden tussen de dikte van de humeuze laag en de diepte van de waterstand in de zomer, zoals door SIEBEN, SMITS en VISSER (1955) werd geconstateerd voor bouwland op zandgronden, vooral in het droge jaar 1949. Nu was in 1955 de meimaand nat (zie tabel 35) en de grote vochtbehoefte van de aardbei tijdens de bloem- en vruchtvorming valt in vergelijking met andere gewassen vrij vroeg (mei tot midden juli). De aardbei zal, zo vroeg in de zomer, in een voor het gewas kritieke fase meer hebben geprofiteerd van de hogere vochtvoorraad in de bouwvoor door de meiregens en meer vocht ter beschikking hebben gehad door capillaire opstijging uit het (geleidelijk) dalende grondwater. Hierop wijst ook fig. 9. Overigens werd onder 7.4.4 (figuur 11) deze interactie al besproken.

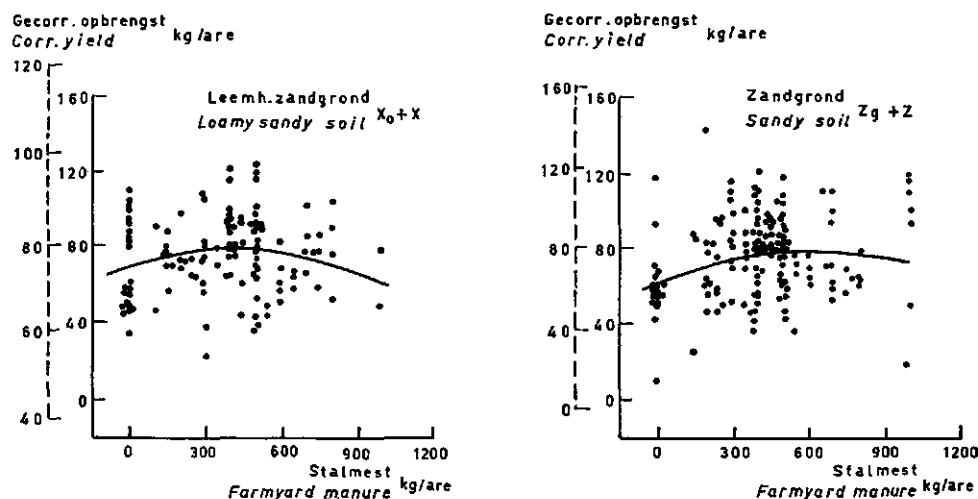
8.8 Opbrengst in 1955 en hoeveelheid stalmest

Door middel van een enquête werd in 1955 nagegaan hoeveel stalmest was gebruikt bij de aanleg van het aardbeienperceel. De stalmest was toegediend in de winter van 1953 op 1954. Het is duidelijk dat een dergelijke enquête maar betrekkelijk betrouwbare gegevens kan verschaffen. De opgegeven hoeveelheden zijn slechts ruwe schattingen en zullen het meest betrouwbaar zijn als de tuinder op het desbetreffende perceel niet van zijn gewoonte is afgeweken. Ondanks de vrij geringe betrouwbaarheid van de verzamelde gegevens werd op de zandgronden een duidelijk gunstige invloed van stalmest op de aanplant van de aardbei gevonden ($P < 0.05$). Dit betekent, dat het voor de gunstige aanslag van de aardbei en de verdere groei van groot belang moet worden geacht stalmest te gebruiken. Immers de invloed was een jaar na het gebruik nog aantoonbaar met behulp van matig betrouwbare enquêtegegevens.

De optimale stalmestgift voor aardbeien op zand lag naar schatting bij ongeveer 600 kg per are (fig. 21). Volgens de grafiek bracht dit een opbrengstverhoging ten opzichte van niet met stalmest bemest teweeg van 16 kg per are. Indien de aardbeien f 1,17 per kg opbrengen (gemiddelde veilingprijs 1962-1965) en stalmest f 16,— per ton kost, heeft de tuinder f 9,— per are voordeel. Hierbij is geen rekening gehouden met de kosten van het uitbrengen van de stalmest; anderzijds zullen door gebruik van stalmest waarschijnlijk minder planten uitvallen.

Op leemhoudende zandgrond was het gunstige effect van stalmest veel minder sprekend. De optimale gift lag iets lager, 400-500 kg/are, terwijl er een tendens was waar te nemen naar een afnemende opbrengst door hogere giften stalmest. Men

Fig. 21. De stalmestbemesting vóór de aanplant en de reactie van *Jucunda* daarop



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

Fig. 21. Farmyard manuring before planting and effect on yield of *Jucunda*

kan hier bijv. denken aan een te forse groei door te sterke stikstoflevering uit de mest; uit de hier beschikbare gegevens was hiervoor echter geen bewijs te putten. De opbrengststijging door optimale bemesting met stalmest op leemhoudende zandgrond was 5 kg per are. Bij de hiervoor gegeven prijzen zullen de baten bij een gift van 450 kg per are niet tegen de kosten opwegen. In de praktijk zullen echter waarschijnlijk de geringere uitval en de grotere oogstzekerheid (over de jaren gezien) ook op leemhoudende zandgrond de balans doen uitslaan ten gunste van het gebruik van stalmest.

De resultaten van het proefplekkenonderzoek waren overigens goed in overeenstemming met het belang dat de meeste onderzoekers hechten aan het gebruik van stalmest voor de teelt van aardbeien, zeker op lichte gronden. Het gemiddelde gebruik in de praktijk van 400 kg stalmest per are (tabel 3) lag redelijk dicht bij de in het onderzoek gevonden optimale bemesting.

De gunstige werking van stalmest kan nauwelijks worden toegeschreven aan de verhoging van het vochthoudend vermogen van de grond. De stalmest wordt in najaar of winter ingewerkt, zodat het in de stalmest aanwezige water (te berekenen op 40 mm 'neerslag' bij gebruik van 50 ton stalmest per ha) niet van betekenis is daar de grond in de winter op veldcapaciteit komt. Na één jaar is ongeveer 25 % van de toegediende organische stof over, hetgeen een verhoging van het vochthoudend vermogen van de grond in de bouwvoor (20 cm) van circa 7 mm beschikbaar vocht voor 50 ton stalmest per ha betekent (BOEKEL, mondelinge mededeling).

8.9 Chemische bodemvruchtbaarheidsfactoren

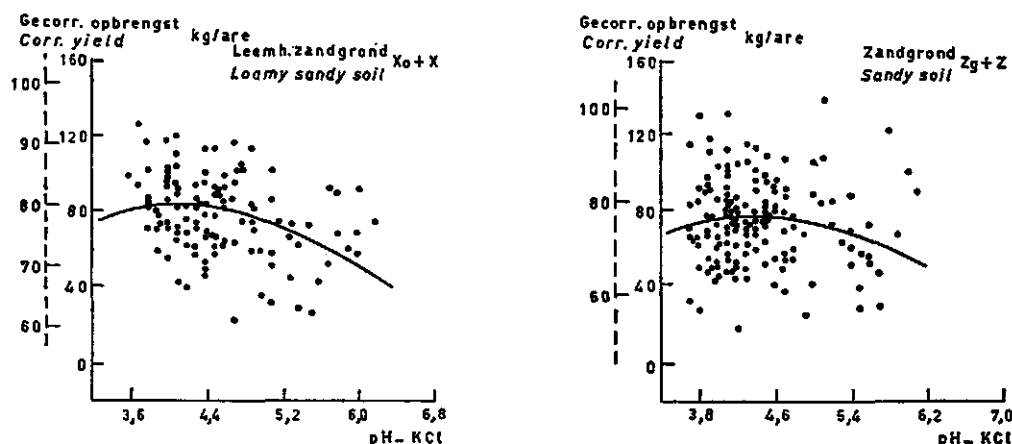
Grondonderzoek had plaats in juni 1955, twee tot vier weken voor de aanvang van de pluk. Het gaf dus de rijkdom van de grond aan voedingsstoffen weer, waarover de aardbei op dat moment beschikte. Om de gevonden grenswaarden voor fosfaat en kali als basis voor het bemestingsadvies in het voorjaar te kunnen gebruiken, moet de verhoging door de bemesting ervan worden afgetrokken. Per 100 kg P_2O_5 en K_2O /ha stijgen P-AL en kaligehalte in de bouwvoor volgens berekening globaal maar met resp. 5 eenheden en 0,005 %. In werkelijkheid zal de stijging geringer geweest zijn, doordat de voedingsstoffen door het gewas werden opgenomen, niet alle even goed beschikbaar bleven en naar diepere lagen verdwenen. De te vinden relaties tussen opbrengst en bodemrijkdom aan deze elementen in juni en de vaststelling van grenswaarden zullen dus niet zonder meer kunnen worden gebruikt voor het opstellen van het bemestingsadvies.

Het grondonderzoek als basis voor het advies voor bekalking en voor bemesting met fosfaat kan in elk jaargetijde plaats vinden. Daar het kaligehalte op lichte grond sterk fluctueert, is de bemonstering in het tijdvak tussen oogst (van het landbouwgewas) en zaaitijd het best (VAN DER PAAUW, 1957).

8.9.1 Opbrengst in 1955 en pH-KCl van de grond

De invloed van de zuurgraad van de grond op de opbrengst van de aardbei is in beide grafieken van afbeelding 22 overschat. De gevonden krommen die als de beste schatting zijn te beschouwen, gaven voor beide figuren aan, dat de aardbei zich op de gronden in Zundert het best ontwikkelde bij betrekkelijk lage pH. Voor zandgrond werd pH-KCl 4,4 optimaal gevonden, voor leemhoudende zandgrond pH-KCl 4,2.

Fig. 22. Gecorrigeerde opbrengst van *Jucunda* in 1955 in afhankelijkheid van de pH-KCl van de bouwvoor



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

Fig. 22. Relation between corrected yield of *Jucunda* in 1955 and pH-KCl of top soil

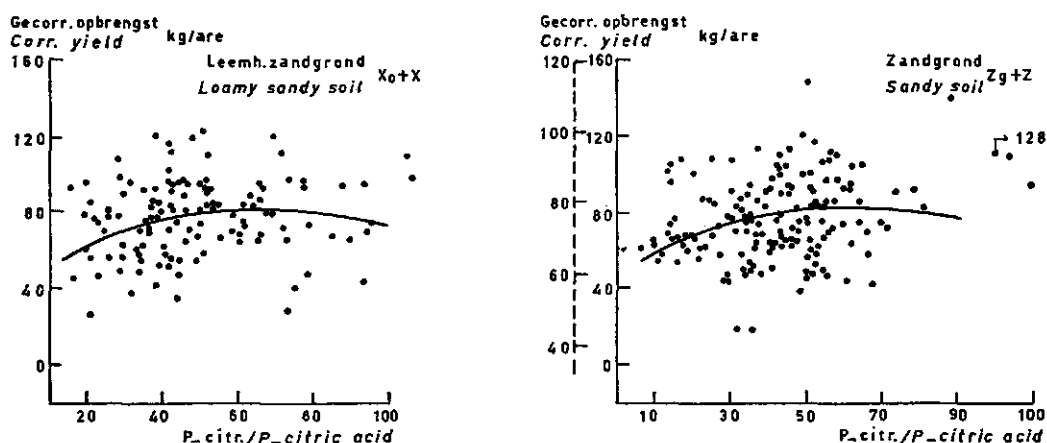
Zet men de gevonden optimale pH-KCl van 4,4 voor zandgrond volgens de landelijke adviesbasis voor het grondonderzoek om in pH-H₂O, dan vindt men 5,4, welke waarde aan de lage kant ligt in vergelijking met de opgaven van de meeste onderzoekers (VAN DER BOON, 1953, 1965).

8.9.2 Opbrengst in 1955 en fosfaatgehalte van de grond

De opbrengst was groter, naarmate in de laag 0-20 cm P-citr van de grond hoger was. De samenhang was in beide gevallen wiskundig betrouwbaar (fig. 23).

Op zandgronden was P-citr 60 optimaal, op leemhoudende zandgrond 60-70. Uitgedrukt in de tegenwoordig gebruikte P-AL-waarde vindt men na omrekening resp. 53 en 53-62. In de naast het proefplekkenonderzoek lopende serieproef met eenvoudige bemestingstrappen op gronden met toenemende rijkdom aan bodemfosfaat was de reactie op fosfaatbemesting gering en werd de tendens waargenomen dat P-citr van 45 en hoger bemesting met fosfaat overbodig maakte (par. 7.3.2). Het is echter mogelijk dat fosfaat, toegediend in maart van het oogstjaar, in de korte periode tot de

Fig. 23. Gecorrigeerde opbrengst van Jucunda in verband met het fosfaatgehalte van de bouwvoor



Voor betekenis gestippelde schaalverdeling zie par. 8.1

Fig. 23. Relation between corrected yield of Jucunda and P-citric acid of top soil

pluk niet meer voldoende tot zijn recht kwam door onvoldoende indringing in de bodem.

Het wekt overigens verwondering, gezien de literatuurgegevens, dat een dergelijke samenhang met P-citr gevonden werd. Het kan zijn, dat P-citr in dit onderzoek tevens een maat geweest is voor andere factoren, zoals geregelde bodemverzorging door een goede tuinder of overvloedig gebruik van stalmest. De eenvoudige bemestingsproeven wezen inderdaad op een vrij hoge grenswaarde voor P-citr, maar waren niet betrouwbaar genoeg om voldoende uitsluitsel te geven. Wel vond VISSER (1950) in Kennemerland eveneens een positieve correlatie met P-citr. Hierbij was ook P-citr van circa 65 optimaal. Zijn gegevens berustten echter op een gering aantal proefplekken. DELVER vond later (1965) eveneens met proefplekkenonderzoek in het Kennemerland een P-citr van 55 als optimum.

8.9.3 Opbrengst in 1955 en kalium-, magnesium- en vochtgehalte van de grond

De samenhang tussen opbrengst en K-HCl van zandgronden was matig. De kromme verloopt zeer vlak en vertoont globaal genomen een negatieve tendens (fig. 24). Een K-HCl cijfer van 0,010-0,012% zou voldoende zijn. In dit gehalte was ook de bemesting met kali van het voorjaar begrepen.

Op leemhoudende zandgronden werd met betrekking tot de invloed op de opbrengst een duidelijke interactie gevonden tussen vochtgehalte van de bouwvoor tijdens de oogst en K-HCl van de grond (fig. 25). Als de grond tijdens de oogst in de bovenlaag droog was, was een hoog K-HCl ongunstig. Een K-HCl van 0,008 -

0,010% was reeds optimaal. Het vermoeden rijst dat hier sprake is van zoutschade door gebruik van te veel meststof bij de hiervoor gevoelige aardbeiwortels. Bij gronden met een hoog vochtgehalte van de bouwvoor (klasse III) bestond een tendens tot stijging van de opbrengst naarmate K-HCl hoger was, maar de opbrengst nam niet duidelijk meer toe bij gehalten hoger dan 0,020%.

Fig. 24. Gecorrigeerde opbrengst van Jucunda in 1955 op zandgrond Z_g en Z uitgezet tegen het kaligehalte van de bouwvoor

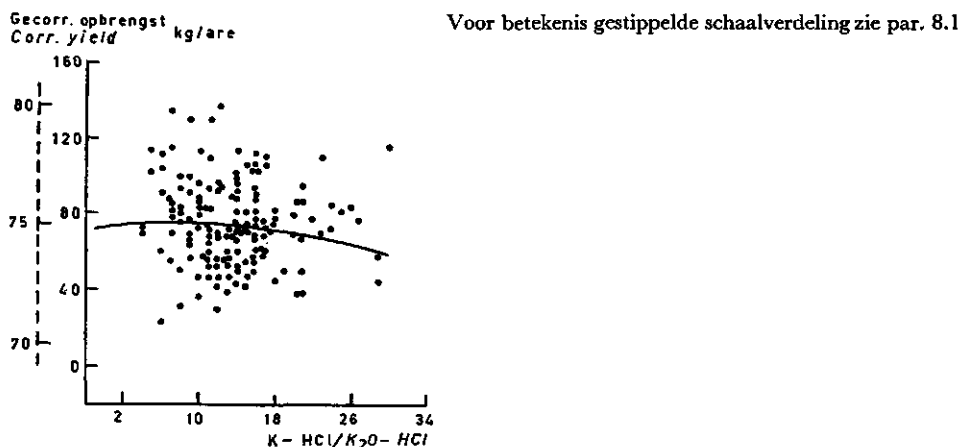


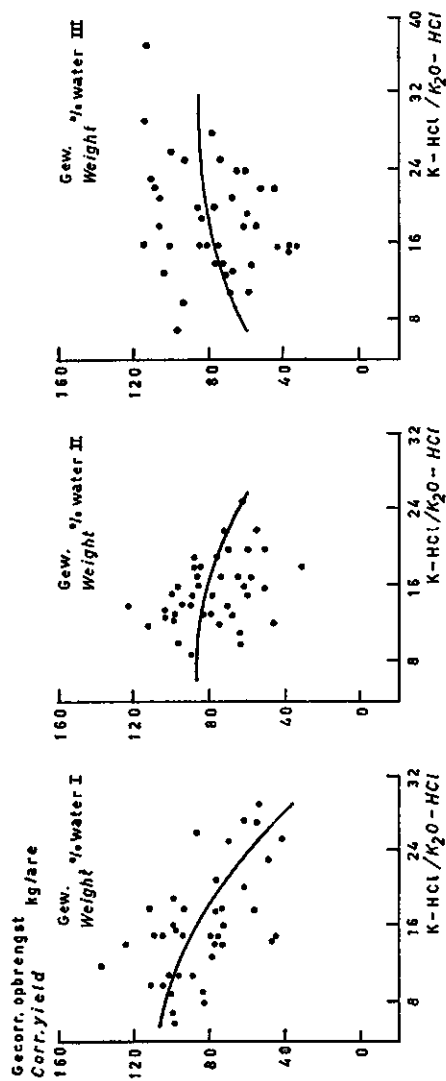
Fig. 24. Relation between corrected yield of Jucunda on sandy soil Z_g and Z and potash content of top soil

Daar de zandgronden over het algemeen lagere vochtgehalten in de bovengrond hadden (A-cijfers 9, 14 en 19% voor de drie onderscheiden klassen) en aansloten bij de twee laagste vochtclassen van de leemhoudende zandgronden (A-cijfers 13 en 18%), is het verklaarbaar, dat een stijging van de opbrengst met toenemend kaligehalte van de grond niet werd gevonden bij de zandgronden. De voor de drogere grondtypen gevonden lage grenswaarden voor kali stemden overeen met die bij de kalibemestingsproeven met een gehalte van 0,008% K_2O in de grond (par. 7.3.2). De overeenstemming met de in de literatuur gevonden waarden is slecht, maar de daarin vermelde proeven lagen waarschijnlijk op zwaardere gronden (zavel en klei), waar de grenswaarden voor kali volgens de ervaring met fruit- en landbouwgewassen hoger liggen naarmate de grond zwaarder is.

De geschatte opbrengst van de zandgronden vertoonde maar een gering verband met het vochtgehalte van de bouwvoor in juli. Het gunstigst zou een A-cijfer van 10-14% zijn, d.w.z. 10-14 g vocht per 100 g droge grond.

Er werd geen betrouwbare invloed gevonden van $MgO-NaCl$ in de grond op de opbrengst van de aardbei. In de bespuitingsproeven (7.3.3) werd geen gunstige invloed van de bespuiting met magnesiumsulfaat waargenomen. De aardbei reageerde dus volgens het onderzoek in 1955 en 1956 niet op toediening van magnesium op de

Fig. 25. Interactie van vocht- en kaligehalte van de bouwvoor op leemhoudende zandgrond Xo en X op gecorrigeerde opbrengst van Jucunda



Gew. % vocht juli, klasse (% moisture by weight, class) I 10-16 (gem. / av. 13)
 II 16-21 (" 18)
 III 21-31 (" 24)

Fig. 25. Interaction of moisture and potash in top soil of loamy sand soil Xo and X on corrected yield of Jucunda

zandgrond in Zundert met aanzienlijk uiteenlopende magnesiumgehalten waarbij zeer lage (4-70 d.p.m. MgO-NaCl).

Bij de bewerking van de gegevens is nog gezocht naar een interactie tussen K-HCl en MgO-NaCl ten opzichte van de opbrengst. Er werd slechts een zwakke aanwijzing in deze richting gevonden, nog het sterkst bij de leemhoudende zandgrond. De gewenste analysecijfers voor het K-HCl bij bepaalde klassen van magnesiumgehalten van de grond waren globaal als volgt:

	<i>MgO-NaCl in d.p.m. per klasse</i>		<i>Voor aardbei optimaal gehalte aan K-HCl van de grond</i>
	<i>uitersten</i>	<i>gemiddeld</i>	
zandgrond			
klasse I	4- 29	20	K-HCl 0,008 of lager % K_2O
II	30- 42	35	K-HCl 0,010-0,012 % K_2O
III	43-140	59	K-HCl 0,010-0,014 % K_2O
leemhoudende zandgrond			
klasse I	9- 34	25	K-HCl 0,012 % K_2O
II	35- 53	44	K-HCl 0,015 % K_2O
III	55-110	72	K-HCl 0,020 % K_2O

8.10 Bepaling van het produktievermogen van de grond voor de aardbei

In de polyfactoranalyse werd de geschatte opbrengst per are als maat gebruikt. Door alleen de gezonde planten in de beoordeling te betrekken werd getracht een indruk te krijgen van het maximaal bereikbare produktievermogen van de grond. Dit was eveneens het geval bij het oogsten van dertig gezonde planten per proefplek. Op deze wijze stonden drie bepalingsmethoden van het produktievermogen ter beschikking: (a) schatting, (b) pluk van gezonde planten en (c) berekening via de plantdichtheid.

(a) *Geschatte opbrengst.* Twee à drie dagen vóór het begin van de pluk werd de oogst geschat door vijf groepen personen. In elke groep was tenminste één aardbeien-deskundige aanwezig. Op enkele percelen werden eerst de taxaties op elkaar afgestemd. Bij de schattingen werd uitgegaan van de gezonde planten die op de proefplek aanwezig waren en de opbrengst werd getaxeerd alsof het gehele perceel met dergelijke planten, dus zonder uitvallers, was bezet.

(b) *Gemeten opbrengst.* In de oogstperiode werden 30 gezonde planten geplukt op de in het voorjaar uitgezochte, circa 50 planten bevattende proefplekken. Afwijkende planten binnen de afgebakende plek werden overgeslagen.

(c) *Berekende opbrengst.* Door meting van de plantdichtheid en vermenigvuldiging van het aantal planten per are met de gemiddelde opbrengst per plant, bepaald met

die van de genoemde 30 planten werd de opbrengst per oppervlakte-eenheid berekend van een 'modelveld' gezonde planten zonder uitvallers.

Aan alle drie opbrengstbepalingen zijn bepaalde voor- en nadelen verbonden.

De schatting op het oog omvatte meer dan de 30 geoogste planten. Meer planten werden dus gebruikt als basis voor de opbrengstbepaling dan de 30 uitgezochte. Gesteld dat de fout van de schatting en die van de oogstbepaling even groot waren geweest en dat bijv. 100 in plaats van 30 planten zouden zijn beoordeeld, dan zou de standaardafwijking van de geschatte opbrengst ongeveer twee maal zo klein zijn geweest. Bij het oogsten viel de grote variabiliteit van het gewas op, zodat het vermoeden bestaat dat het aantal van dertig voor een nauwkeurige bepaling van het produktievermogen van het perceel te gering is geweest. Bovendien werd bij het zoeken van de 30 goede planten van 50 een sterke selectie toegepast, waardoor de gemeten opbrengst van 30 planten minder representatief is te achten. Dit volgt ook uit het feit dat de geschatte opbrengst per are ca 50 % lager ligt dan de opbrengst verkregen uit het produkt van de opbrengst van 30 planten en de plantdichtheid. De regressieformule luidt voor de zandgronden:

geschatte opbrengst in kg per are = $0,44 \times \text{berekende opbrengst (plantdichtheid} \times \text{gemid. opbrengst van 30 planten)} + 30,5$

Een zekere afwijking tussen geschatte en gemeten opbrengst is te verwachten. De schatting vóór de pluk geeft de oogstverwachting op dat tijdstip voor een gemiddeld weertype tijdens de pluk. Deze hoeft niet gelijk te zijn aan de opbrengst zoals deze in het oogstjaar 1955 werkelijk was onder invloed van een scherpe droogteperiode, weer gevolgd door vrij veel neerslag. De geschatte opbrengst is meer representatief te achten voor een gemiddelde over jaren.

Van schattingen is echter bekend dat zij systematische afwijkingen in niveau kunnen vertonen, speciaal bij lage en hoge opbrengsten en ook in de mate van stijging van de opbrengst bij toenemend produktievermogen. Bij vijf groepen schatters kunnen deze fouten min of meer zijn genivelleerd. De correlatiecoëfficiënten tussen de opbrengstbepalingen voor beide bodemgroepen zijn als volgt in tabel 33 weergegeven.

Tabel 33. Correlaties tussen drie methoden van opbrengstbepaling

	Correlatiecoëfficiënten voor			
	grof en fijn zand (Zg en Z)		leemhoudend zand (Xo en X)	
	berekend	gemeten	berekend	gemeten
Met opbrengst / <i>With yield:</i>				
geschat / <i>estimated</i>	+ 0,67	+ 0,71	+ 0,71	+ 0,72
berekend / <i>calculated</i>		+ 0,91		+ 0,82
	<i>calculated</i>	<i>measured</i>	<i>calculated</i>	<i>measured</i>
	<i>coarse and fine sandy soil (Zg and Z)</i>		<i>loamy sand soil (Xo and X)</i>	
	Correlation coefficients for			

Table 33. Correlations between three methods of yield determination

De standdichtheid van de planten beïnvloedt de opbrengst per plant. De plant brengt, als de plantdichtheid groter wordt, van een zekere grens af minder op door minder gunstig wordende licht-, vocht- en voedingscondities. Als uitgangspunt van het onderzoek werd het 'produktievermogen' van de grond voor de aardbei genomen. Uit ander onderzoek is bekend, dat dit produktievermogen binnen zekere grenzen voor wisselende plantdichtheid ongeveer gelijk is, doordat de geringere produktie per plant wordt gecompenseerd door het grotere aantal planten en omgekeerd. Het aantal planten per are liep in het proefplekkenonderzoek uiteen van 285 tot 770. Bij grafisch uitzetten van de berekende opbrengst per are tegen het aantal planten werd geconstateerd, dat de produktie afnam bij toenemend aantal planten en wel tot 420, om bij nog groter aantal praktisch niet meer af te nemen. Bij pollenteelt is dus een ruime plantafstand gewenst; bij kleinere afstand treedt spoedig een schadelijke concurrentie, waarschijnlijk lichtconcurrentie, op. De meest gebruikte plantdichtheid was 420 planten per are. Aan de berekende opbrengst per are als maat voor het produktievermogen van de grond kleefte dus nog het bezwaar dat deze grootheid niet geheel on-

Tabel 34. Correlaties tussen drie verschillende manieren van opbrengstbepaling en negen factoren, op twee typen grond

	Lemige zandgronden	
	geschat	berekend
Multipele correlatiecoëfficiënten in / <i>Multiple correlation coefficients in:</i>		
polyfactoranalyse / <i>polyfactor analysis</i>	0,68	
mult. rechtl. regr. / <i>mult. lin. regr.</i>	0,61	0,51

Correlatiecoëfficiënt (c.c.) en partiële correlatiecoëfficiënt (p.c.) van opbrengst met: / <i>Correlation coefficient (c.c.) and partial correlation coefficient (p.c.) of yield with:</i>				
	c.c.	p.c.	c.c.	p.c.
grondwater maart / <i>groundwater March</i>	— 0,01	— 0,01	— 0,18*	— 0,17
id. juli / <i>id. July</i>	— 0,24**	— 0,13	— 0,22*	— 0,08
vocht bouwvoor juli / <i>soil moisture July</i>	— 0,00	— 0,10	+ 0,12	— 0,05
% humus / % <i>organic matter</i>	— 0,03	+ 0,11	+ 0,03	+ 0,12
P-citr / <i>P-citric acid</i>	+ 0,18*	+ 0,16(*)	+ 0,02	+ 0,06
% 0-50 µ in bouwvoor / <i>in top soil</i>	— 0,04	+ 0,01	— 0,06	— 0,05
meeldauw / <i>Sphaerotheca macularis</i>	— 0,41***	— 0,35***	— 0,34**	— 0,27**
windschade / <i>wind damage</i>	— 0,24**	— 0,25**	— 0,12	— 0,13
aaltjes / <i>Aphelenchoides fragariae</i>	— 0,36***	— 0,31***	— 0,34***	— 0,29***
	c.c.	p.c.	c.c.	p.c.
	<i>estimated</i>		<i>calculated</i>	

Loamy sand soils

Loamy sand soils

Table 34. Correlations between nine factors and the yield, determined in three ways, on two soil types

afhankelijk is van de plantdichtheid. In de schatting van de opbrengst per are zal min of meer ook de standdichtheid zijn verdisconteerd.

Zoals gezegd, betekende de pluk van de 30 beste planten een sterke selectie. Ook was het aantal planten te gering. Bovendien zullen op plekken waar planten zijn uitgevallen, de overblijvende goede planten meer opbrengen door betere lichtcondities e.d. Ook dit kan tot een fout in de opbrengstbepaling van de afzonderlijke plant geleid hebben.

In de polyfactoranalyse werd na het overwegen van bovenstaande voor- en nadelen de geschatte opbrengst gekozen als criterium voor het produktievermogen van de grond. De correlaties met de bodemfactoren waren niet hoog en gaven geen voorkeur te zien voor geschatte of gemeten opbrengst. In een multipele rechtlijnige regressieberekening werd nagegaan, of de in de polyfactoranalyse opgenomen en van belang gebleken variabelen een even goede of soms betere verklaring van de variatie in de berekende opbrengst of in de opbrengst van de 30 planten gaven dan voor de geschatte opbrengst bij de polyfactoranalyse (tabel 34).

Co en X), n = 122

Zandgronden (Zg en Z), n = 164

gemeten		geschat		berekend		gemeten	
0,57		0,60 0,51		0,49		0,55	

c.c.	p.c.	c.c.	p.c.	c.c.	p.c.	c.c.	p.c.
0,20*	— 0,28**	+ 0,10	— 0,03	— 0,10	— 0,24*	— 0,14	— 0,20
0,16	+ 0,01	+ 0,11	— 0,01	+ 0,02	+ 0,02	+ 0,02	+ 0,09
0,09	— 0,15	— 0,00	— 0,18	+ 0,12	— 0,12	+ 0,24**	+ 0,06
0,05	+ 0,16	+ 0,20**	+ 0,22*	+ 0,08	+ 0,05	+ 0,20**	+ 0,08
0,04	+ 0,09	+ 0,30***	+ 0,20**	+ 0,27***	+ 0,20**	+ 0,29***	+ 0,24**
0,02	— 0,03	+ 0,09	0,00	+ 0,21**	+ 0,12	+ 0,21**	+ 0,01
0,38***	— 0,34***	— 0,27***	— 0,20**	— 0,31***	— 0,25***	— 0,32***	— 0,27**
0,16	— 0,22*	— 0,17*	— 0,12	— 0,21**	— 0,17*	— 0,25***	— 0,20*
0,35***	— 0,29***	— 0,31***	— 0,27***	— 0,22**	— 0,16*	— 0,25***	— 0,14*
c.c.	p.c.	c.c.	p.c.	c.c.	p.c.	c.c.	p.c.
measured		estimated		calculated		measured	

Co and X), n = 122

Sandy soils (Zg and Z), n = 164

De resultaten van de berekening leiden tot de volgende conclusies:

De multiple correlatiecoëfficiënt is het hoogst in de polyfactoranalyse. Die voor de multiple rechtlijnige regressievergelijkingen ontkomen elkaar weinig, zodat geen van de drie opbrengstbepalingen beter uit de invloed van de onafhankelijke variabelen kan worden voorspeld. De ongunstige invloed van aaltjes en meeldauw en die van windschade komen in alle zes regressieberekeningen wiskundig betrouwbaar of bijna betrouwbaar naar voren.

Het valt op, dat op de grove en fijne zandgronden Zg en Z geen schadelijke invloed van een diepe grondwaterstand in de zomer op de berekende resp. gemeten opbrengst werd gevonden. Gezien de sterker naar voren tredende invloed van de diepte van de grondwaterstand in maart, het vochtgehalte in juli, het percentage humus en het percentage deeltjes van 0-50 μ in de bouwvoor bij deze opbrengstbepalingen in vergelijking met die op de geschatte opbrengst is het waarschijnlijk, dat de opbrengst in 1955 gunstig werd beïnvloed door hangwater (en regen) boven in het profiel en dat de grondwaterstand in juli op de grove zandgronden te laag was om nog invloed uit te oefenen. Bij het schatten van de opbrengst werd een hoge ligging, en daarbij behorende diepe zomerwaterstand, ongunstiger beoordeeld dan bij beide bovengenoemde bepalingen naar voren kwam. Evenzo was een lage ligging met hoge grondwaterstand in de winter als ongunstig geschat, hetgeen bij de opbrengstbepalingen niet het geval was.

8.11 Samenvatting van de in de polyfactoranalyse gevonden invloed van de waargenomen factoren op de geschatte opbrengst van Jucunda in 1955

De geschatte opbrengsten van de aardbei Jucunda in een proefplekkenonderzoek in de gemeente Zundert liepen in 1955 sterk uiteen. Toch kon slechts circa een derde tot de helft van de variantie van de opbrengst verklaard worden door middel van een polyfactoranalyse van de waargenomen factoren. Bij de bewerking was het materiaal gesplitst in twee groepen: een groep van grove en normale zandgronden en een groep van zandgronden met een laag lemig zand in het profiel of geheel leemhoudend.

De opbrengst daalde in ernstige gevallen naar schatting 42 % tengevolge van aantasting door aaltjes en 29 % door meeldauw.

De aardbei vraagt luwte: op windiger percelen trad een opbrengstvermindering van 26 % op.

Door profielboringen werd een indruk verkregen van de grondwaterstand in maart (als maat voor de waterstand in de winter) en die in juli (als maat voor de vochtuithouding tijdens de pluk). Een lage grondwaterstand in juli was vooral schadelijk op de zwak leemhoudende zandgronden. Een grote daling in de grondwaterstand was op leemhoudende zandgronden ongewenst. Een hoge grondwaterstand in maart moest voor een goede produktie met een hoge in juli gepaard gaan. Op

normale zandgrond was een grondwaterstand van ongeveer 50 cm in maart het gunstigst.

Een hoog humusgehalte in de bouwvoor en een dikke humeuze laag hadden vooral een gunstige invloed op de grove en fijne zandgronden. Het gebruik van stalmest vóór het planten bleek gewenst; op zandgrond was 60 ton, op leemhoudende zandgrond 45 ton per ha optimaal. Voor de aardbei was een pH-KCl van 4,4 op zandgrond en van 4,2 op leemhoudende zandgrond optimaal.

De opbrengst was duidelijk hoger op de gronden met P-AL van 55-60. Op zandgronden mag het K-HCl van de grond niet te hoog zijn. Een wisselwerking van K-HCl met het vochtgehalte van de bovenlaag tijdens de pluk wekte de indruk dat op leemhoudende zandgrond de zoutconcentratie in het bodemvocht een zekere grens niet mag overschrijden. Er was een aanwijzing dat K-HCl niet hoger mag zijn dan 0,008 % voor de gronden met zeer weinig magnesium terwijl op de gronden met een MgO-NaCl van gemiddeld 75 d.p.m. K-HCl van 0,015-0,020 % gewenst is.

9 Meerdimensionale bewerking van de verdrogingscijfers van het gewas in 1955 volgens de polyfactoranalyse

9.1 Berekening van het neerslagdeficit tijdens de oogst

April 1955 was zeer droog en zonnig met een schrale noordenwind. Na een natte mei volgde een betrekkelijk droge juni. Tijdens de pluk van 27 juni tot 29 juli was het droog. Dit blijkt bij vergelijking van de neerslag in april-juli 1955 met de gemiddelde maandelijkse neerslag in de periode 1921-1950 (tabel 35).

Tabel 35. Maandelijkse neerslag te Zundert in het voorjaar en de zomer, in mm

	1955	1956	Gemiddelde 1921-1950
April / <i>April</i>	14	46	48
Mei / <i>May</i>	94	31	52
Juni / <i>June</i>	38	90	54
Juli / <i>July</i>	28	172	72
	<i>1955</i>	<i>1956</i>	<i>Average 1921-1950</i>

Table 35. Monthly rainfall in Zundert in spring and summer, in mm

Het gewas vertoonde op sommige percelen in 1955 verdrogingsverschijnselen. De invloed van de grond op de mate van verdroging werd door schattingen aan het gewas beoordeeld. Bovendien werden op 11 en 12 juli grondmonsters van de laag 5-20 cm genomen om de uitdroging van de bovengrond te bepalen. Na 12 juli volgden onweer en regen. Het gewas herstelde zich en de vruchten, die aanvankelijk door de droogte niet meer groter werden, begonnen weer te zwellen.

De berekening van het verschil tussen neerslag en verdamping kan een inzicht geven in de grootte van het tekort aan vocht tijdens de oogst. Hierbij werden de vochtvoorraad van de bodem en de wateraanvoer uit de capillaire zone buiten beschouwing gelaten. Verder werd gebruik gemaakt van de cijfers voor de potentiële evapotranspiratie voor 1954 en 1955, die zijn weergegeven voor Wageningen in het proefschrift van STOLP (1960). De verdamping zal in Zundert, dichterbij de kust en zuidelijker gelegen, groter zijn geweest (KRAMER, 1957). De potentiële evapotranspiratie is per definitie de hoeveelheid water, die per tijdseenheid wordt afgegeven door een kort groen gewas, dat de grond geheel bedekt, gelijkmatig van hoogte is en nooit gebrek aan water heeft. De actuele evapotranspiratie, dus de werkelijk afgegeven hoeveelheid water, is geringer en des te lager, naarmate de vochtvoorraad in de wortelzone geringer is. STOLP vond een daling in de verhouding van de actuele tot de potentiële evapotranspiratie voor aardbeien van 27 mei tot 14 juli 1954 van 1,1 voor

een zandgrond die praktisch op veldcapaciteit was, tot 0,4 bij een vochtpercentage van circa 9 %. Voor zover de waarden van de potentiële evapotranspiratie ontbraken, werden de gegevens van STOLP en MOHRMANN (1953) gebruikt, berekend over 1901-1950 en van VAN DUIN (1954) over 1911-1950. Uitgegaan werd van de maand april, de eerste maand van het jaar waarin de verdamping de neerslag kan overtreffen. Voor maart 1954-1956 werd nog een neerslagoverschot berekend.

De oogstperiode in juli 1955 werd onderverdeeld, en wel in een eerste deel tot 8 juli waarop 50 % van de proefplekken voor de helft was afgeogst, een tweede deel tot 11 juli waarop dit op 87,5 % van de plekken het geval was, een derde deel tot 16 juli waarop alle proefplekken voor de helft of meer waren geplukt, en een vierde deel tot 20 juli waarop ongeveer 90 % van de proefplekken praktisch geheel was geoogst. Voor 1956 werd de gemiddelde oogstperiode voor Zundert aangehouden (15 juni-15 juli), en daarvan werden genomen het midden en het einde van de oogst (VAN DER DOES, 1955).

In 1954 was het maximale watertekort (144 mm) reeds in juni bereikt. Aan het eind van de oogstperiode (20-31 juli) in 1955 lag het neerslagdeficit tussen 127 en 163 mm en in 1956 tussen 41 en 31 mm (tabel 36 en 37).

STOLP en MOHRMANN berekenden over 1901-1950 de kansen op een bepaald neerslagdeficit in een zekere periode. Uitgaande van een oppervlakte zandgrond met akkerbouwgewassen en gras in de verhouding van 65:35 vonden zij, dat er 50 % kans is dat het neerslagdeficit eind juli 160 mm of meer is, 25 % dat het 190 mm of meer en

Tabel 36. Waarden voor het vochtdeficit (verdamping - neerslag) bij de veronderstelling dat geen verlies naar diepere bodemlagen plaats vond, in mm

	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
1954 per maand / per month	+ 41	+ 76	+ 27	— 53	+ 2	— 52
cumulatief / cumulative		+ 117	+ 144	+ 91	+ 93	+ 41
1955 per maand / per month	+ 39	— 10	+ 62	+ 72	+ 12	— 50
cumulatief / cumulative		+ 29	+ 91	+ 163	+ 175	+ 125
1956 per maand / per month	+ 2	+ 62	+ 27	— 61		
cumulatief / cumulative		+ 64	+ 91	+ 30		
	<i>April</i>	<i>May</i>	<i>June</i>	<i>July</i>	<i>Aug.</i>	<i>Sept.</i>

Table 36. Values for the moisture deficit (evaporation - precipitation), assumed that no water was lost to the deeper soil layers, in mm

Tabel 37. Vochtdeficit (verdamping - neerslag) in de oogstmaand, in mm

1955	3 juli	8 juli	11 juli*	16 juli	20 juli	31 juli/July
	+ 101	+ 107	+ 116	+ 123	+ 127	+ 163
1956	1 juli	15 juli/July				
	+ 41	+ 31				

* Voor onweersbui / Before thunderstorm

Table 37. Moisture deficit (evaporation - precipitation) in picking month, in mm

10% dat het 220 mm of meer bedraagt. De potentiële evapotranspiratie vertoont in de loop der jaren een veel geringere schommeling dan de neerslag. Het gevonden tekort voor 1955 tussen 127 en 163 mm stemt overeen met het door STOLP en MOHRMANN gevonden gemiddelde. Vanuit dit standpunt gezien zullen de resultaten van het proefplekkenonderzoek in 1955 een 'representatief' beeld kunnen geven. Echter blijkt uit de overvloedige neerslag in mei 1955 enerzijds, en de hevige droogte in juni en juli anderzijds (waardoor de actuele evapotranspiratie ver kan zijn achtergebleven bij de potentiële), dat een voor een bepaalde periode berekend neerslag-deficit voor het gewas niet steeds dezelfde betekenis heeft (VAN DUIN, 1954). Overvloedige neerslag in mei vóór de bloei is voor de aardbei zeer gunstig.

De vraag is, in hoeverre de vochtvoorraad in het bewortelde deel van de bodem en de wateraanvoer via de capillaire zone uit diepere lagen in staat zijn geweest het gewas van voldoende water te voorzien. De verdrogingscijfers van het gewas vóór de omslag van het weer op 12 juli kunnen een inzicht hierin geven. Hierbij werd nagegaan onder welke bodemomstandigheden de aardbei in het bijzonder van de droogte leed.

9.2 Polyfactoranalyse van de verdrogingscijfers

In een polyfactoranalyse werden die bodemfactoren betrokken, waarvan een invloed op de waterhuishouding in het profiel en op de verdroging van de aardbei was te verwachten. Van deze factoren vertoonde het vochtgehalte van de laag 5-20 cm in juli een duidelijk positieve correlatie met het humusgehalte en het gehalte aan leem (0-50 μ) en een negatieve met de grondwaterstand in maart (tabel 38). Het laatste zou kunnen wijzen op een lage ligging van percelen met hoge grondwaterstanden in

Tabel 38. Correlatiecoëfficiënten van de factoren in de polyfactoranalyse met de verdrogingscijfers

	% humus	Grond- waterstand maart	Grond- waterstand juli	Vocht % bouwvoor juli	Frisheid ¹ gewas juli
% 0-50 μ	+ 0,43	— 0,04	+ 0,36	+ 0,52	+ 0,40
Humus % / % organic matter		— 0,07	+ 0,23	+ 0,60	+ 0,31
Grondwaterstand maart / Watertable March			+ 0,41	— 0,57	— 0,32
Id. juli / Id. July				— 0,19	+ 0,02
Vochtgehalte laag 5-20 cm juli / Moisture content 5-20 cm soil layer July					+ 0,51
	% organic matter	Watertable March	Watertable July	Moisture % top soil July	Markings ¹ for freshness July

¹ Zie bijlage 1, noot 4 / See appendix 1, note 4

Table 38. Correlation coefficients for factors in the polyfactor analysis with markings for freshness

maart, die met een minder snelle ontwatering in de daaropvolgende maanden eerder een hoog vochtgehalte in de bouwvoor in juli tengevolge hadden.

De polyfactoranalyse had weer in twee groepen plaats, (zie bijlage 2) namelijk: groep 1: grove tot matig grove zandgronden (Zg 1 tot Zg 6/Zg 7) en zandgronden (Z 1 tot Z 7).

groep 2: zandgronden met een laag lemig zand boven 80 cm (Xo 1 tot Xo 6) en lemige zandgronden (X 1 tot X 5).

Bij de polyfactoranalyse werd de dikte van de humeuze laag aanvankelijk in de bewerking opgenomen, maar later weggelaten, omdat de samenhang met de verdrogings symptomen van de aardbei slechts gering bleek te zijn. Evenzo waren de schattingscijfers voor het leemgehalte op 30-40 cm diepte onvoldoende gedifferentieerd om niet succes als maat voor het vochthoudende vermogen van het profiel op grotere diepte te kunnen worden gebruikt.

Door de polyfactoranalyse wordt slechts een gering deel van de variatie in de verdrogingscijfers verklaard, vooral op de leemhoudende zandgronden. De multiële correlatiecoëfficiënt tussen de schattingscijfers voor verdroging en de uit de curven berekende waarden was voor de leemhoudende zandgronden 0,36 en voor de zandgronden 0,61. Dit houdt dus in dat slechts 13 resp. 37 % van de variatie in de schattingscijfers verklaard is kunnen worden.

De toetsing van de in de polyfactoranalyse bepaalde krommen vond plaats via de berekening van een multiële regressielijn (tabel 39). Voor de leemhoudende zandgronden had slechts één kromme een statistisch betrouwbaar van nul afwijkende regressiecoëfficiënt, nl. die voor de interactie tussen humusgehalte en grondwaterstand in juli. De vier krommen voor het verband tussen verdroging en bodemfactoren hadden alle een regressiecoëfficiënt kleiner dan 1. Dit betekent dus dat hun invloed gemiddeld is overschat. Wegens de grofheid van de cijferschaal voor de verdroging werd geen gecorrigeerde schaalverdeling in de grafieken getekend, zoals bij de opbrengstgegevens. De afwijking van de gewenste schatting $a = 1$ was echter niet statistisch betrouwbaar.

De invloed van de grondwaterstand in juli op zandgrond was afhankelijk van het leemgehalte; deze interactie was statistisch betrouwbaar. Het verband tussen het vochtgehalte van de bovenlaag en de verdroging van het gewas was eveneens statistisch betrouwbaar. De invloed van de bodemfactoren was overschat; de afwijkingen van $a = 1$ waren echter niet statistisch betrouwbaar.

De vrij geringe differentiatie in de verdrogingscijfers (zie bijlage 1) en vooral het voorkomen van een relatief gering aantal ernstige verdrogingsverschijnselen maakten de uitvoering van de grafische bewerking moeilijk. De invloed van de onderzochte factoren was daardoor niet gemakkelijk wiskundig betrouwbaar aan te tonen.

ROGERS (1936) onderzocht het verband tussen het verwelken van aardbeiplanten en het vochtgehalte van de grond. Aardbeien in potten, dus met beperkt wortelstelsel, verwelkten bij snelle uitdroging van de grond tot pF 2,8-2,9 binnen 55 uur. In bakken bij pF 2,8 verwelkten zij minder erg in een hete, droge augustusmaand en helemaal niet in een vochtige maand oktober. De uitdroging van de grond verliep in de bakken

Tabel 39. Statistische controle van de polyfactoranalyse betrekking hebbend op de verdrogingscijfers

	Lemige zandgronden (Xo en X), n = 122				Zandgronden (Zg en Z), n = 164			
	coëfficiënt = a	standaard-afwijking	t voor a = 0	t voor a = 1	coëfficiënt = a	standaard-afwijking	t voor a = 0	t voor a = 1
Interactie % humus × grondwaterstand juli / Interaction % organic matter × watertable July	+ 0,52	0,26	2,0*	1,9				
Interactie grondwaterstand juli × % 0-50 µ / Interaction watertable July × % 0-50 µ					+ 0,58	0,23	2,5**	1,8
% humus / % organic matter					+ 0,26	1,09	0,2	0,7
% 0-50 µ	+ 0,90	0,66	1,4	0,1				
Grondwaterstand maart / Watertable March	+ 0,12	0,53	0,2	1,7	+ 0,44	0,57	0,8	1,0
Vochtgehalte juli (Moisture content July) 5-20 cm	+ 0,22	0,72	0,3	1,1	+ 0,99	0,20	4,9**	0,1
	coëfficiënt = a	standard deviation	t for a = 0	t for a = 1	coëfficiënt = a	standard deviation	t for a = 0	t for a = 1
	Loamy sand soils (Xo and X), n = 122				Sandy soils (Zg and Z), n = 164			

* P = 0,05 voor t eenzijdig = 1,7 (a = 0) en t tweezijdig = 2,0 (a = 1) / P = 0,05 for t-one-tail = 1,7 (a = 0) and t-two-tails = 2,0 (a = 1)
 ** P = 0,01 voor t eenzijdig = 2,4 (a = 0) en t tweezijdig = 2,6 (a = 1) / P = 0,01 for t-one-tail = 2,4 (a = 0) and t-two-tails = 2,6 (a = 1)

Table 39. Statistical evaluation of the polyfactor analysis relating to withering (regression coefficients (= a) of markings for withering, assessing curves must be 1)

veel langzamer, en wel trager in september-oktober (51 dagen) dan in augustus (31 dagen). Planten die al een keer verwelkt waren geweest, bleken na hernieuwde uitdroging van de grond eerder te verwelken, waarschijnlijk doordat de wortelharen waren beschadigd. Voor de optimale groei in het veld moet de pF beneden 2,8 gehouden worden.

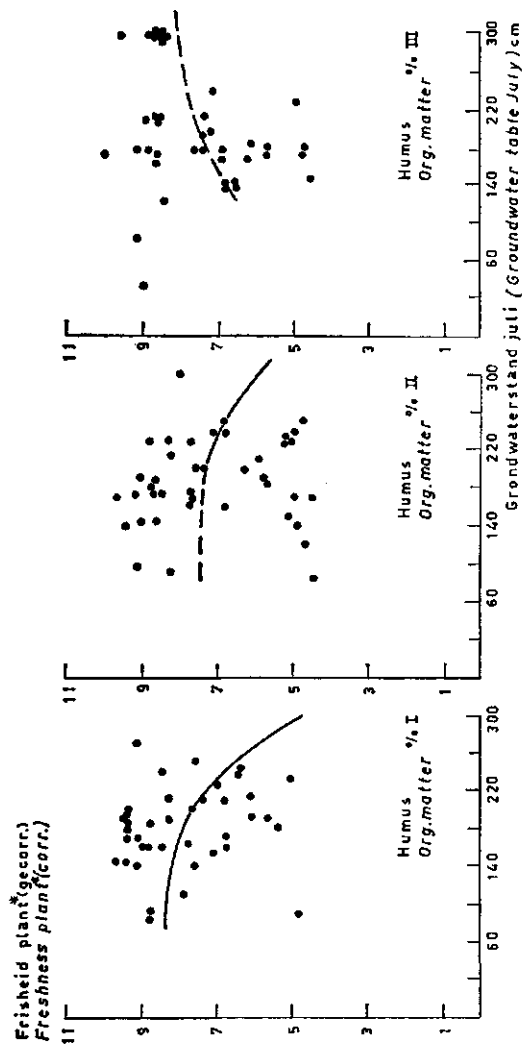
De invloed van de factoren was als volgt:

9.2.1 Grondwaterstand in juli en verdroging

Voor de leemhoudende zandgronden werd een interactie gevonden voor de invloed van de grondwaterstand in juli en het humusgehalte van de bovenlaag (fig. 26). Een sterke verdroging van het gewas door een lage grondwaterstand in de zomer trad het sterkst op bij gronden met een laag humusgehalte van de bovengrond. Op gronden met een humusgehalte lager dan 4,2 % (gemiddeld 3,5 %) begonnen tekenen van verdroging sterker op te treden bij waterstanden in de zomer lager dan 1,80 meter onder het maaiveld. De gronden met een hoger humusgehalte (4,2-4,8, gemiddeld 4,4 %) boden voor de aardbei een voldoende weerstand tegen droogte bij waterstanden tot een diepte van 2,20 meter onder maaiveld. Indien leemhoudende zandgronden meer humus dan 4,9 % (4,9-6,7, gemiddeld 5,6 %) bevatten, was geen uitdroging aan het bovengronds gewas waarneembaar, indien de grondwaterstand in de zomer zeer laag was.

Op de zandgronden werd een interactie tussen de grondwaterstand in juli en het gehalte van de bovenlaag aan leem (0-50 μ) waargenomen. Op de gronden waar de grondwaterstand in de zomer 80-145 cm (gemiddeld 127 cm) onder maaiveld stond, had het leemgehalte op de weerstand van het gewas tegen verdroging praktisch geen invloed (fig. 27). Bij een diepere grondwaterstand (150-185 cm onder maaiveld, gemiddeld 166 cm) had het percentage leem in de bovenlaag een zwak positieve invloed. Naast een licht verdrogend gewas op een grond met 6 % leem werd een nog vrij fris gewas waargenomen op een grond met 26 % leem. Bij nog diepere waterstanden was het percentage leem duidelijk van betekenis. Gronden met zeer weinig leem leverden voor de aardbei onvoldoende vocht, voor een frisse stand van het gewas moest de bovenlaag zeker 22 % leem bevatten als de grondwaterstand dieper was dan 190 cm onder maaiveld.

Fig. 26. Frisheid van het gewas (gecorrigeerd) in juli 1955 op de leemhoudende zandgrond Xo en X beïnvloed door diepte van de zomerwaterstand in afhankelijkheid van het humusgehalte van de bouwvoor

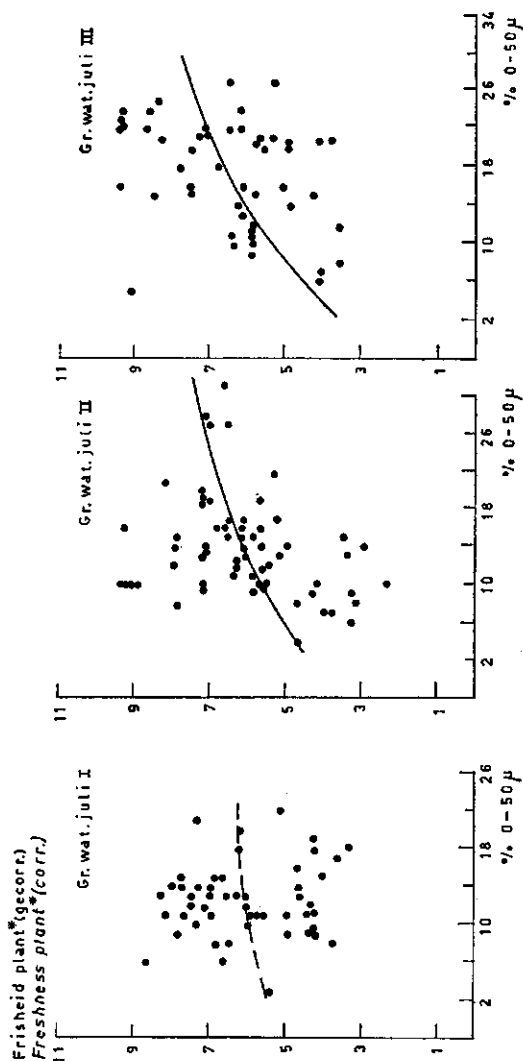


* Zie noot 4, bijlage 1 / See note 4, appendix I

% humus, klasse (% organic matter, class)
 I 1,7-4,2 (gem. / av. 3,5)
 II 4,2-4,8 (" 4,4)
 III 4,9-6,7 (" 5,6)

Fig. 26. Freshness of plants (corrected) in July 1955 on loamy sand soil Xo and X: interaction between watertable in July and organic matter content in top soil

Fig. 27. Interactie van het gehalte aan leem in de bouwvoor en de diepte van de zomerwaterstand op de frisheid van de stand (gecorrigeerd) van Jucunda in juli 1955 op zand-
grond Z_g en Z



* Zie noot 4, bijlage 1 / See note 4, appendix 1

Grondwaterstand juli, klasse (Watertable July, class) I 80-145 (gem. / av. 127) cm
II 150-185 (" 166) cm
III > 190 (" > 212) cm

Fig. 27. Freshness of plants (corrected) in July 1955 on sandy soils Z_g and Z : interaction between % of particles 0-50 μ in the top soil and watertable in July 1955

9.2.2 Gehalte aan humus en leem en verdroging

De invloed van een van de beide factoren humus en leem kwam reeds naar voren in een duidelijke interactie met de grondwaterstand in juli. De niet opgenomen factor vertoonde op de verdroging van het gewas een geringe invloed, nadat voor deze interactie was gecorrigeerd.

Op de leemhoudende zandgronden X_0 en X was de verdroging van de aardbei minder naarmate het percentage leem ($0-50 \mu$) in de bovenlaag hoger was. Bij een percentage van 32 tot 36 % kon van een invloed op de verdroging niet meer gesproken worden.

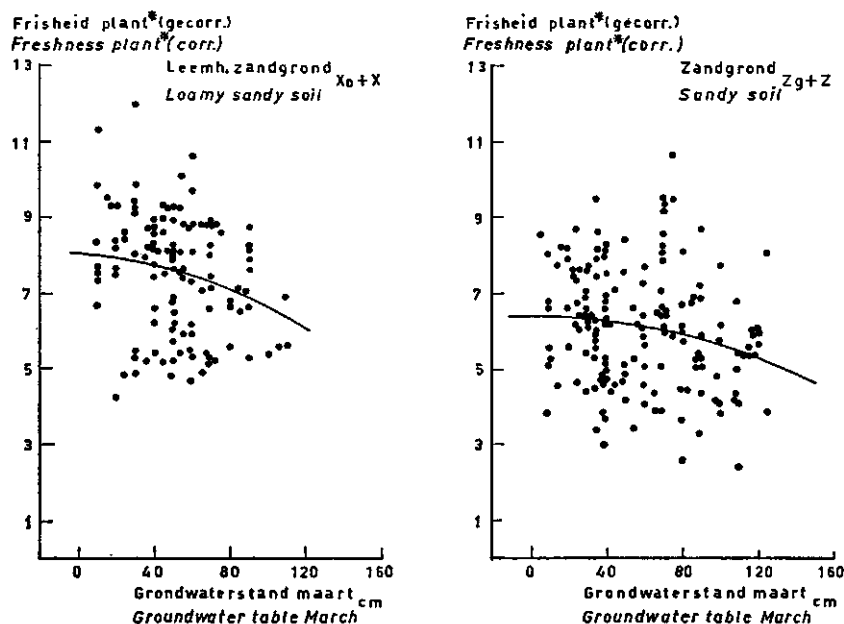
De invloed van het humusgehalte in de laag 0-20 cm op de mate van verdroging van zandgronden was, nadat met de interactie grondwaterstand \times percentage leem rekening was gehouden, merkwaardig gering. Tot een humusgehalte van 4 % nam de verdroging iets af.

VAN DER KLOES, c.s. (1961) acht een humusgehalte van tenminste 3-4 % wenselijk.

9.2.3 Grondwaterstand in maart en verdroging

De verdroging van het gewas in juni-juli was sterker op gronden die in maart reeds een diepe grondwaterstand bezaten (fig. 28). De voorraad en de aanvoer van vocht

Fig. 28. De invloed van de grondwaterstand in maart 1955 op de frisheid van het gewas (gecorrigeerd) in juli



* Zie noot 4, bijlage 1 / See note 4, appendix 1

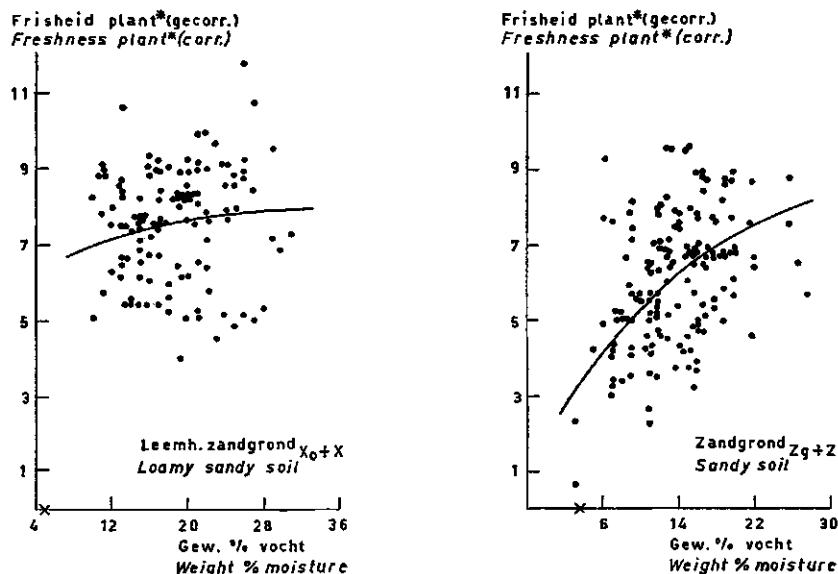
Fig. 28. Freshness of plants (corrected) in July in relation to watertable in March 1955

bij een hoge voorjaarswaterstand waren blijkbaar van grotere betekenis dan een ondiepere beworteling ten gevolge van wateroverlast. Daarbij moet worden opgemerkt dat de invloed van de grondwaterstand in maart niet statistisch betrouwbaar kon worden aangetoond. Wel moet erop worden gewezen, dat een zelfde invloed op de opbrengst en andere waarnemingen aan het gewas reeds eerder in dit materiaal werd gevonden.

9.2.4 Vochtgehalte van bouwvoor in juli en verdroging

Het in juli op 5-20 cm diepte gestoken grondmonster werd genomen voor de bepaling van de aanwezige hoeveelheid vocht in de bovenlaag. Op de (grove) zandgronden was er een verband tussen de verdroging van de aardbeien en het vochtgehalte van deze laag (fig. 29 rechts). Op gronden waar minder dan 6 g vocht per 100 g droge grond in de bovenlaag aanwezig was gaf het gewas duidelijke verdrogingsverschijnselen, waarbij enkele bladeren reeds slap neerhingen, te zien. Met toenemend vochtgehalte nam de verdroging sterk af. Het gewas zag er nog vrij fris uit als de bovenlaag nog 18 gew. % vocht bevatte. Dit betekende dat de grond nog praktisch op veldcapaciteit was (tabel 26).

Fig. 29. Frisheid van het gewas (gecorrigeerd) in juli 1955 en het gewichtspercentage vocht in de laag 5-20 cm



* Zie noot 4, bijlage 1 / See note 4, appendix 1

× Verwelkingspunt voor grond met een gemiddeld humus- en leemgehalte / Wilting point for soil with an average content of organic matter and loam

Fig. 29. Relation between freshness (corrected) of plants and moisture content of the 5-20 cm layer in July 1955

Ernstige verwelking trad op bij een vochtgehalte van $\pm 2\%$ in de bovenlaag. Dit komt overeen met wat ROGERS (1936) vond (pF 2,9 was daar $\pm 2\%$ gew. % vocht).

Op de leemhoudende zandgronden was het verband met het vochtgehalte in de laag 5-20 cm gering (fig. 29, links). Aangenomen mag worden, dat de diepere lagen hier door hun leemgehalte meer tot de vochtvoorziening van het gewas bijgedragen hebben waardoor een geringere invloed van de bovenlaag te verwachten is. Op de zandgronden was in de eerste plaats het vochtbergend vermogen van de organische stof die in de bovenlaag is opgehoopt, van belang. Een stijging van één schaaldeel in de schattingscijfers voor de verdroging op de leemhoudende zandgronden correspondeerde met een toeneming van het vochtgehalte van 12 tot 28%. De aardbei op de leemhoudende zandgrond vertoonde nog een vrij frisse stand bij 13 gew. % vocht in de bovenlaag, waarbij naar schatting gemiddeld 50% van het beschikbare vocht is verdwenen.

De vrij grote invloed van het vochtgehalte in de bovenlaag vindt zijn verklaring ook in de oppervlakkige beworteling van de aardbei. De aardbei verwelkt snel bij heet, zonnig weer. Een vochtige bovenlaag die zorgt voor een behoorlijke relatieve luchtvochtigheid binnen het plantendeck, kan ook op deze wijze bijdragen tot de weerstand van de plant, zonder dat van een direct vochttekort sprake is.

De geringe invloed van de dikte van de humeuze laag op de weerstand tegen verdroging wekt verwondering. Een verklaring hiervoor kon niet worden gevonden; wel is de dikte van deze laag volgens VAN DER KLOES (1961) niet geheel bepalend voor de bewortelingsdiepte.

9.3 Samenvatting van de in de polyfactoranalyse gevonden invloed van de bodemfactoren op de verdroging van het gewas in juli 1955

Tijdens de pluk (midden tot eind juli 1955) vertoonden de aardbeien verdrogingsverschijnselen. Deze werden in schattingscijfers vastgelegd, terwijl het vochtgehalte van de laag 5-20 cm werd bepaald.

Door middel van een polyfactoranalyse werd de invloed van het gehalte aan humus en leem, de grondwaterstanden in maart en in juli en het vochtgehalte van de bovenlaag geanalyseerd. De invloed van de dikte van de humeuze laag bleek gering te zijn. Voor de zandgronden was de samenhang tussen de verdrogingscijfers en die, berekend uit de beschouwde factoren (correlatiecoëfficiënt 0,61) nog het sterkst, voor de leemhoudende zandgronden betrekkelijk gering (correlatiecoëfficiënt 0,36).

Naarmate de grondwaterstand in juli lager was, nam de verdroging toe. Dit was op de leemhoudende zandgronden alleen duidelijk bij een laag of matig humusgehalte van de bovenlaag. Op de zandgronden was de schadelijke invloed van een lage waterstand in de zomer duidelijk minder bij een hoger gehalte aan leem (0-50 μ). De leemhoudende zandgronden gaven minder verdroging te zien bij een hoger leemgehalte. Op de zandgronden beschermde het gehalte aan organische stof de plant

slechts weinig tegen verdroging; daar was vooral het vochtgehalte van de laag 5-20 cm beslissend voor de verdroging. De gunstige invloed van het vochtgehalte van de bovenlaag was op de leemhoudende zandgronden geringer.

Een lage grondwaterstand in maart werkte de verdroging in de hand. Mogelijk is dit een gevolg van een geringere voorraad en aanvoer van vocht in het profiel gedurende het verdere seizoen.

10 Meerdimensionale bewerking van diverse eigenschappen van het gewas volgens multiële lineaire regressieberekening

10.1 Inleiding

De invloed van bodemfactoren op de volgende waarnemingen aan het gewas werd bestudeerd door middel van een multiële rechtlijnige regressieberekening:

1. percentage uitval in maart 1955
2. regelmaat van de stand van het gewas in april
3. geschat percentage gezette bloemen in juni
4. gemiddelde oogstdatum
5. duur van de oogst
6. percentage vruchten groter dan 2 cm (A)
7. percentage misvormde vruchten ('baarden') (B)
8. kwaliteit van het met zwaveligzuur geconserveerde halffabrikaat.

Alvorens de invloed van bodemfactoren op de eigenschappen van het gewas te bestuderen is het gewenst de onderlinge samenhang van de gewaseigenschappen na te gaan.

10.1.1 Samenhang tussen de eigenschappen van het gewas

De waargenomen eigenschappen waren onderling en met de opbrengst gecorreleerd als in tabel 40 aangegeven.

Het percentage uitval en de regelmaat in stand van de overgebleven planten zijn sterk negatief gecorreleerd. De milieufactoren die tot uitval aanleiding gaven hadden blijkbaar ook de groeikracht van de gespaarde planten aangetast.

De gemiddelde oogstdatum vertoonde een hoge positieve correlatie met de snelheid van de oogst. Deze beide aspecten van de oogst werden blijkbaar voor een deel door dezelfde factoren beïnvloed.

Een hoog percentage vruchten groter dan 2 cm in diameter aan de schouder van de vrucht (A) ging samen met een lage hoeveelheid misvormde vruchten (B).

De verwerkingskwaliteit vertoonde geen correlatie met de beschouwde factoren.

Er was een duidelijk verband tussen de opbrengst en de schattingen voor de vruchtzetting, de grootte van de vruchten, het percentage misvormde vruchten en de regelmaat van de stand in april.

Tabel 40. *Correlatiecoëfficiënten voor waarnemingen aan het gewas*

Factor nr.	Regel- maat stand	Vrucht- zetting	Gem. oogst- datum	Snelheid van de oogst	A %	B %	Verwer- kings- kwaliteit	Opbrengst
42	% uitval / % plants vallen out	— 0,40	— 0,28	— 0,14	— 0,08	+ 0,06	+ 0,04	— 0,41
44	regelmaat stand / regularity of growth	+ 0,48	+ 0,33	+ 0,13	+ 0,24	— 0,18	+ 0,04	+ 0,55
59	% vruchtzetting / % fruit setting		+ 0,11	+ 0,12	+ 0,33	— 0,34	+ 0,06	+ 0,66
66	gem. oogstdatum / lateness to 50 % harvest			+ 0,64	+ 0,04	+ 0,05	— 0,13	+ 0,30
67	snelheid van oogst / rate of ripening				+ 0,03	+ 0,06	— 0,06	+ 0,21
64	% A / % fruits first quality					— 0,85	— 0,08	+ 0,63
65	% B / % disfigured fruits						+ 0,06	— 0,56
69	verwerkingskwaliteit / processing quality							0,00
Factor No.	Regularity of growth	Fruit setting	Lateness to 50 % harvest	Rate of ripening	A %	B %	Processing quality	Yield

Table 40. *Correlation coefficients for observations on the crop*

10.2 Invloed van factoren op de eigenschappen van het gewas

De berekening van de multiële rechtlijnige regressieformules had plaats zoals werd uiteengezet in par. 3.4.1. In de multiële regressie werden slechts rechtlijnige verbanden berekend en mogelijke interacties verwaarloosd. Bij de polyfactoranalyse werden kromlijnige verbanden en interacties wel onderzocht, maar wegens het vele rekenwerk werd hier ervan afgezien en werd volstaan met de multiële rechtlijnige regressieberekening.

De invloed van een factor uit zich niet alleen in de helling van de regressielijn, maar de in de praktijk voorkomende variatie bepaalt eveneens de betekenis van de onderzochte factor voor de aardbeienteelt in Zundert. Daarom zijn de in de figuren weergegeven regressielijnen getrokken tot aan waarden van de onafhankelijke variabelen, die overeenkomen met die, welke behoren bij 12,5 en 87,5 % van de cumulatieve frequentieverdeling (zie bijlage 1).

10.2.1 Percentage uitval, een jaar na het planten

De opbrengst van de aardbeiplanten die als de beste uitgekozen waren op de afgepaalde proefplekken was negatief gecorreleerd met het aantal uitgevallen planten in maart 1955 (correlatiecoëfficiënt = $-0,41^{***}$). De omstandigheden, die tot uitval van de aardbeien hadden geleid, hadden ook de overgebleven planten ongunstig beïnvloed. Een percentage uitval van 10 % meer in maart betekende, dat de overgebleven (beste) planten gemiddeld 50 g per plant minder opbrachten. Bij een plantdichtheid van 440 planten per are komt dit neer op een lagere opbrengst van tenminste 20 kg voor de overgebleven planten, terwijl voor 10 % meer open plaatsen zeker op nog 11 kg verlies aan opbrengst moet worden gerekend.

In tabel 41 zijn de factoren die samenhangen met het percentage uitval in maart 1955 gerangschikt naar afnemende grootte van de correlatiecoëfficiënt.

In de berekende regressieformule bleven drie factoren over waarvan de regressiecoëfficiënten statistisch zeer betrouwbaar van nul afweken. Door de regressieformule werd 14 % van de variantie in het percentage uitval verklaard (multiële correlatiecoëfficiënt $0,37^{***}$). De afzonderlijke factoren waren:

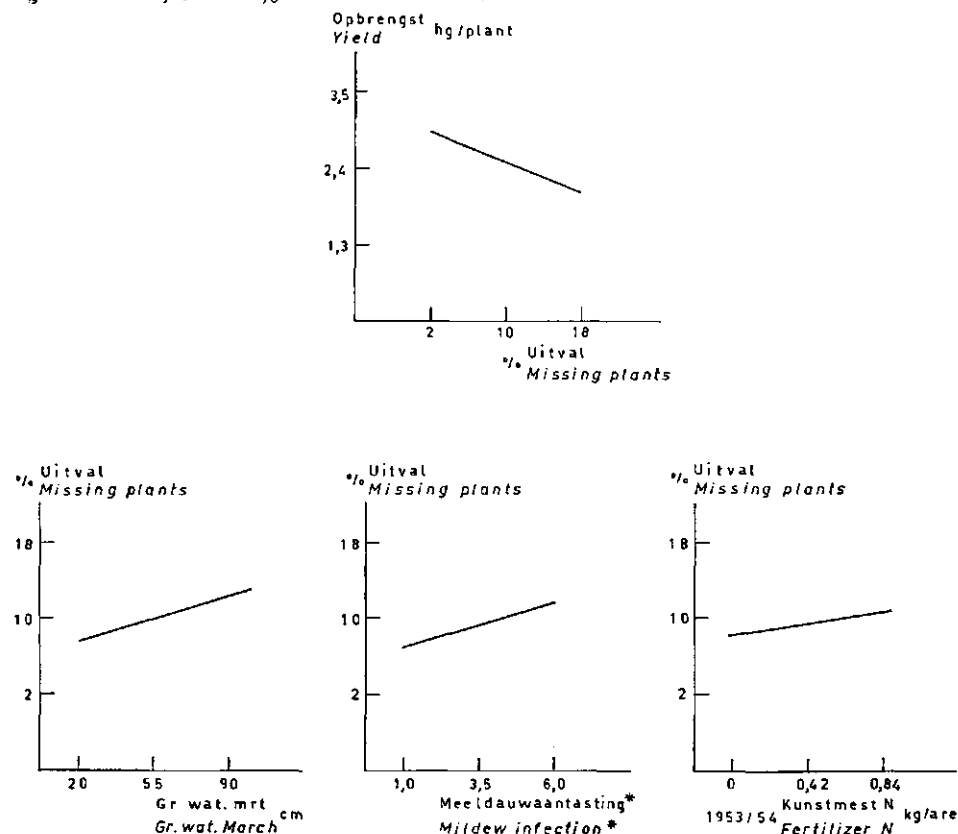
Grondwaterstand in maart. Veel uitval kwam voor bij een lage waterstand in de nawinter van 1955. Als wordt aangenomen, dat deze waarnemingen ook de grondwaterstanden voor voorjaar 1954 typeren, dan kan de gevonden samenhang waarschijnlijk verklaard worden uit het feit, dat een hoge waterstand in het voorjaar het aanslaan van de geplante aardbeiplanten zeer begunstigd heeft door voldoende aanbod van vocht. Wortels van pas geplante aardbeien zijn namelijk zeer gevoelig voor droogte. Figuur 30 laat zien, welke verandering in het percentage uitval is te verwachten als men de verschillen in grondwaterstand tussen de proefplekken in beschouwing neemt. De grenzen 20 en 90 cm zijn ontleend aan bijlage 1.

Tabel 41. Correlaties tussen het percentage uitval in maart 1955 en andere factoren, gerangschikt naar afnemende absolute waarde

Factor nr.	Correlatie-coëfficiënt	Regressie-coëfficiënt	Standaard-afwijking regr. coëfficiënt
35 grondwaterstand maart (<i>watertable March</i>) in cm	+ 0,28	+ 0,07***	0,01
51 meeldauw juli / <i>Sphaerotheca macularis</i> in July	+ 0,20	+ 0,87***	0,23
71 beschikb. vocht juli (<i>available moisture July</i>) 5-20 cm	- 0,20		
39 vochtgehalte juli (<i>moisture content July</i>) 5-20 cm	- 0,19		
72 vochtindex juli / <i>moisture index July</i>	- 0,17		
108 N-bemesting (<i>N-dressing</i>) 1953/54, in kg N/ha	+ 0,15	+ 3,16**	1,16
50 virus juni / <i>virus June</i>	+ 0,12		
48 spint juni / <i>Tetranychus urticae</i> June	+ 0,11		
Factor No.	Correlation coefficient	Regression coefficient	Standard deviation regr. coeff.

Table 41. Correlations between percentage fallen out plants in March 1955 and other factors, arranged according to decreasing absolute values

Fig. 30. Factoren, welke het % uitval in maart 1955 beïnvloedden



* Zie noot 8, bijlage 1 / See note 8, appendix 1

Fig. 30. Factors influencing the percentage of plants missing in March 1955

Meeldauw in juli 1955. De percelen met ernstige uitval vertoonden in juli 1955 een zwaardere aantasting door meeldauw. Op percelen met zeer geringe aantasting (codecijfer 1) was de schatting voor de uitval in maart 7,0%, terwijl op de matig aangetaste percelen (codecijfer 6) - de grens voor de 12,5% proefplekken met nog ernstiger aantasting - de uitval 11,4% bedroeg. Het is mogelijk, dat meeldauw in 1955 de zwakkere planten op percelen met veel uitval ernstiger heeft aangetast. Het is echter ook mogelijk, dat slechte verzorging zowel een grotere uitval als een zwaardere aantasting door meeldauw veroorzaakt heeft. Daar geen waarnemingen over het vorige jaar ter beschikking stonden, kon niet worden nagegaan of reeds in 1954 op dezelfde percelen ernstige aantasting voorkwam, hetgeen op een oorzakelijk verband tussen uitval en meeldauw zou hebben kunnen wijzen, zoals de regressielijn suggereert.

Bemesting met kunstmeststikstof in 1953-1954. Het positieve verband tussen de bemesting met stikstof in 1953-1954 en het percentage uitval in maart 1955 is niet zonder meer te verklaren. Mogelijk heeft een te zware bemesting wortelverbranding en uitval veroorzaakt. Een te zware bemesting met stikstof kan een te welig gewas geven dat eerder door ziekte aan uitval ten prooi valt, maar dit ligt niet erg voor de hand. Het meest waarschijnlijk lijkt dat het gevonden verband berust op het feit dat de percelen met slechte stand door de tuinder zijn bijbemest om het gewas weer op gang te krijgen.

10.2.2 Regelmaat van de stand in april 1955

De regelmaat in de stand van de overgebleven planten, waarbij niet op de open plaatsen werd gelet, werd op het oog geschat. De standcijfers hadden een correlatiecoëfficiënt van 0,55+++ met de opbrengst. Een eenheid van standcijfer betekende een opbrengstvermeerdering van 34,8 g per plant of van 15,3 kg per are met 440 planten (figuur 31).

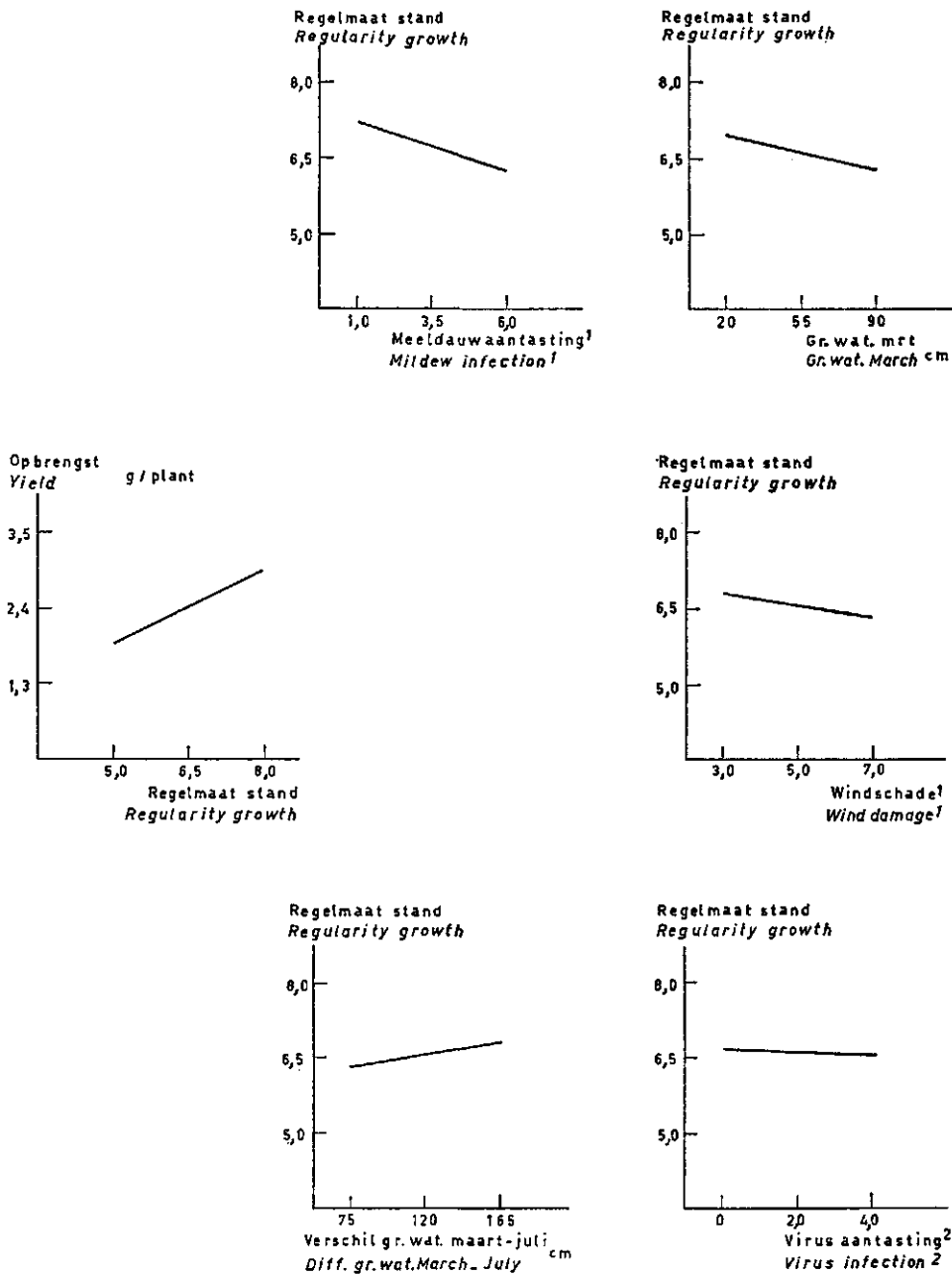
Verschillende factoren van bodemvruchtbaarheid, waterhuishouding en ziekten vertoonden een samenhang met de regelmaat van de stand (tabel 42).

De regelmaat in stand was beter op de gronden met een hoger percentage afslibbare delen en een groter vochthoudend vermogen. In de berekende regressieformule kwam echter de invloed van het percentage slib na correctie op andere variabelen niet naar voren.

De volgende factoren zijn in de regressieberekening (multiële correlatiecoëfficiënt = 0,42) opgenomen (fig. 31).

Meeldauw in juli. Een ernstige aantasting door meeldauw kwam in juli voor op de percelen die in maart reeds een onregelmatige stand vertoonden. Als mag worden aangenomen dat de aantasting in juli 1955 een betrouwbare indicatie is voor aantasting door meeldauw in het vorige jaar, zou hier sprake kunnen zijn van een oorzakelijk verband. Veel meeldauw in 1954 zou in dat geval de regelmaat in stand in

Fig. 31. Factoren, welke de regelmatigheid van de stand van de overgebleven planten beïnvloeden



¹ Zie noot 8, bijlage 1 / See note 8, appendix 1

² Zie noot 7, bijlage 1 / See note 7, appendix 1

Fig. 31. Factors influencing the regularity of growth of remaining plants

1955 ongunstig beïnvloed hebben. Als deze veronderstelling niet juist is, is de regressielijn ten onrechte getrokken en kan de samenhang erop wijzen dat zwakke planten sterker door meeldauw werden aangetast in het verdere verloop van het seizoen. In dat geval zou meeldauw als de afhankelijke variabele in de regressieberekening moeten worden beschouwd en het weerstandsvermogen van de plant, tot uiting komend in de regelmatige stand, als de onafhankelijke variabele.

Tabel 42. Correlaties tussen de regelmaat van de stand van het gewas in april 1955 en andere factoren, gerangschikt naar afnemende absolute waarde

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt	Regressie- coëfficiënt	Standaardaf- wijking regr. coëfficiënt
51 meeldauw juli / <i>Sphaerotheca macularis</i> in July	— 0,24	— 0,19***	0,05
39 vochtgehalte juli (moisture content July) 5-20 cm	+ 0,21		
73 vochthoudend vermogen (water-holding capacity) pF 2,0-pF 4,2 (vol. %)	+ 0,21		
35 grondwaterstand maart (watertable March) in cm	— 0,20	— 0,009***	0,003
29 % afslibbare deeltjes / % particles < 16 μ	+ 0,20		
50 virus juni / virus June	— 0,20	— 0,03*	0,01
71 beschikb. vocht juli (available moisture July) 5-20 cm	+ 0,20		
38 verschil grondwaterstand juli-maart (difference watertable July-March) in cm	+ 0,18	+ 0,005**	0,002
54 windschade april / wind damage April	— 0,18	— 0,12**	0,03
Factor No.	Correlation coefficient	Regression coefficient	Standard devia- tion regr. coeff.

Table 42. Correlations between markings for regularity of growth in April 1955 and other factors, arranged according to decreasing absolute values

Grondwaterstand in maart. De regelmaat in stand was minder op de percelen met een lage grondwaterstand in het voorjaar. Evenals bij het percentage uitval moet hier worden aangenomen, dat het aanslaan en het regelmatig uitgroeien van aardbeiplanten in het voorjaar bevorderd worden door een hoge waterstand in het voorjaar, i.c. een groot aanbod van vocht. De grondwaterstand in maart 1955 opgenomen is daarbij weer een redelijk betrouwbare index voor gelijksoortige condities in het voorafgaande voorjaar.

Windschade. Windschade, genoteerd in april 1955, was een maat voor de min of meer beschutte ligging van de percelen. Op een onbeschat perceel zal het aanslaan van de planten worden bemoeilijkt door de uitdrogende werking van de wind. Het standcijfer ging een halve eenheid achteruit van beschut naar onbeschat terrein. Dit zou volgens de grafiek een opbrengstvermindering kunnen betekenen van 7,7 kg per are. In par. 8.4 kwam de schadelijke werking van wind op de opbrengst van de aardbei reeds naar voren.

Vershil in grondwaterstand juli-maart. Een sterke daling van de grondwaterstand in het voorjaar werkte een regelmatige stand van het gewas in de hand. De positieve correlatie wees op een te diepe ontwatering in de zomer, waarbij een hogere grondwaterstand in de winter gunstig was, daar deze meer water aan het gewas gedurende langere tijd ter beschikking stelde (BLOEMEN, 1951). In dit kader paste ook de gevonden negatieve correlatie van de regelmaat van stand met de waterstand in maart.

Aantasting door virus in juni. Bij de beoordeling van de planten in juni was de aantasting door virus min of meer duidelijk te onderkennen. Volgens de regressieberekening kwam de aantasting al als schadelijk naar voren in de regelmaat van de stand in april. De grootte van de invloed van deze factor was bij de waargenomen variatie in de aantasting overigens gering.

10.2.3 Geschat percentage vruchtzetting in juni 1955

De vruchtzetting had in mei 1955 een onregelmatig verloop door het te koude weer. In juni 1955 werd het percentage gezette bloemen op het oog geschat. Deze schatting van de vruchtzetting was behoorlijk gecorreleerd met de later verkregen opbrengst (+ 0,66+++). Bij stijging van de vruchtzetting met 10 % nam de productie toe met 15 g per plant of 6,6 kg per are.

De volgende bodemfactoren en schattingscijfers voor ziekten waren met de vruchtzetting statistisch betrouwbaar gecorreleerd (tabel 43).

Tabel 43. Correlaties tussen het percentage vruchtzetting en andere factoren, gerangschikt naar afnemende absolute waarde

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt	Regressie- coëfficiënt	Standaardaf- wijking regr. coëfficiënt
51 meeldauw juli / <i>Sphaerotheca macularis</i> in July	— 0,31	— 5,97***	1,21
49 aaltjes juni / <i>Aphelenchoides fragariae</i> in June	— 0,28	— 0,70***	0,15
54 windschade april / wind damage April	— 0,27	— 3,31***	0,81
33 N-totaal (total N) %	+ 0,21	+ 1,63**	0,49
29 % afslibbare deeltjes / % particles < 16 μ	+ 0,17		
11 leem op 70-80 cm diepte / loam on 70-80 cm depth	+ 0,17		
23 % humus / % organic matter	+ 0,16		
Factor No.	Correlation coefficient	Regression coefficient	Standard deviation regr. coefficient

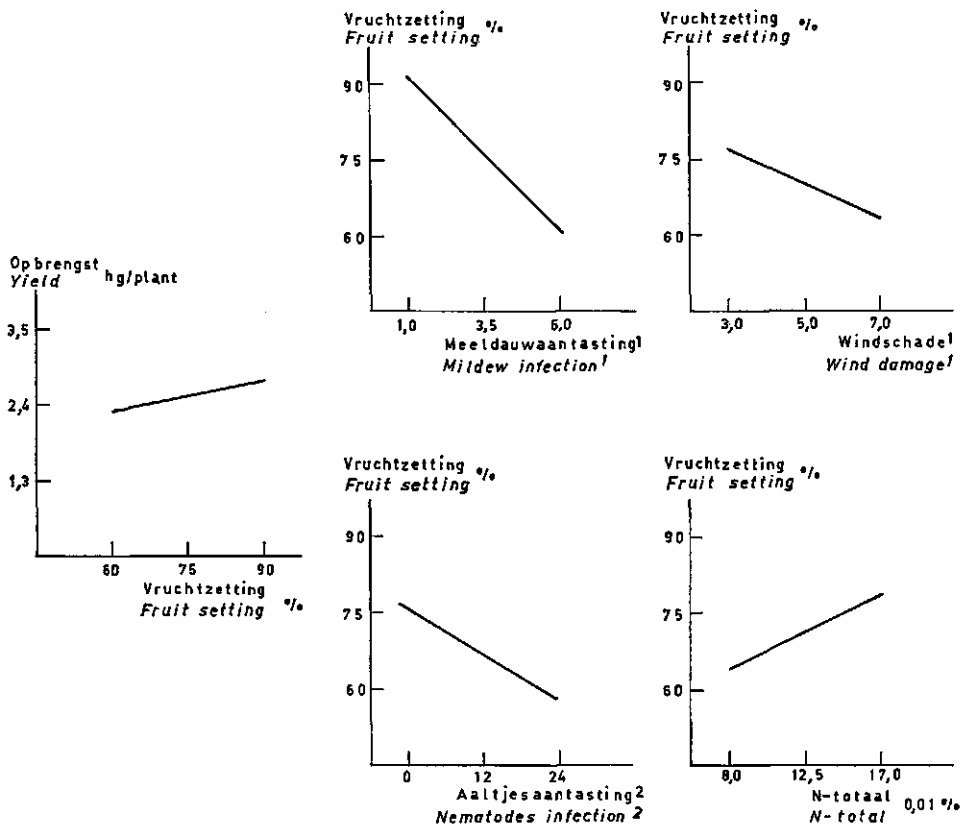
Table 43. Correlations between fruit setting percentages and other factors, arranged according to decreasing absolute values

De multiële correlatiecoëfficiënt was 0,48+++ , zodat 23 % van de variantie in de vruchtzetting kon worden verklaard door de vier in de regressieformule opgenomen variabelen. Deze factoren waren de volgende (fig. 32).

Meeldauw in juli. Een slechtere vruchtzetting werd waargenomen op de percelen met meeldauw. In juli, toen het ziektebeeld sterk naar voren trad, werd de aantasting door meeldauw zo nauwkeurig mogelijk geschat. In mei-juni kan meeldauw reeds schade geven, wat blijkt uit de waargenomen samenhang met de vruchtzetting.

Windschade. De vruchtzetting werd benadeeld op de percelen die minder tegen wind beschut waren. De in april waargenomen windschade leverde ondanks de vrij grove schatting toch een maat, die later de invloed op de vruchtzetting weerspiegelde. De gevonden invloed stemt overeen met de literatuurgegevens (VAN DER BOON, 1965; VAN RHEE, 1959; KRONENBERG, 1953, 1959). GROENEVELD (1955) schrijft dat het ongunstige weer in mei 1955 de oogst heeft verlaet. De sterke wind had een ongunstige invloed op kwantiteit en kwaliteit van de vruchten. In de eerste en tweede week van de oogst werden veel onvolgroeide vruchten aangevoerd.

Fig. 32. Factoren, welke de vruchtzetting beïnvloedden



¹ Zie noot 8, bijlage 1 / See note 8, appendix 1

² Zie noot 7, bijlage 1 / See note 7, appendix 1

Fig. 32. Factors influencing fruitsetting

Aaltjes. Op de percelen waar de aardbeien waren aangetast door aaltjes, werd ook een minder goede vruchtzetting waargenomen in overeenstemming met hetgeen KRONENBERG (1953) vermeldt.

Totale stikstof in de grond. Het totale stikstofgehalte van de grond is een maat voor de hoeveelheid organische stof in de bodem (correlatiecoëfficiënt = +0,78). De vruchtzetting verliep beter op gronden die meer organische stof in de bouwvoor bevatten. Dit kan samenhangen met een betere vochtconditie van plant en bodem (NAUMANN, 1961), een geringere schade door verstuing, een snellere verwarming van de donkere bovengrond of een betere structuur (KRONENBERG, 1953).

10.2.4 Vroegheid van de oogst en snelheid van het oogstverloop

Onder de gemiddelde oogstdatum (mediaan) wordt de dag verstaan waarop 50% van de vruchten geoogst was. De snelheid van de oogst wordt uitgedrukt in het aantal dagen tussen de data waarop 25 resp. 75 % van de oogst binnen was. Beide normen zijn berekend uit cumulatieve relatieve frequentieverdelingen. De invloed van de bodemfactoren hierop werd nagegaan.

Gemiddelde oogstdatum. De gemiddelde oogstdatum (mediaan) werd uitgedrukt in een schaal beginnende op 26 juni 1955 (par. 5.4.) De planten met goede opbrengst vertoonden een langere oogstperiode, zodat de gemiddelde oogstdatum later viel (correlatiecoëfficiënt +0,30). Bij lage opbrengst verliep de oogst sneller. Een gemiddeld één dag latere oogstdatum betekende een vermeerdering van de oogst met 7,5 g per plant of 3,3 kg per are bij een plantdichtheid van 440 planten.

Voor de factoren van invloed op de gemiddelde oogstdatum zie men tabel 44.

De factoren die in de regressieberekening zijn opgenomen, zijn dezelfde als die bij de snelheid van het oogstverloop (tabel 45). De multiële correlatiecoëfficiënt was 0,60+++.

De oogstperiode viel later op de gronden met meer vocht in de bouwvoor en op die met een hoger leemgehalte (fig. 33).

Lage grondwaterstanden in maart wezen op milieumstandigheden, waar de oogst gemiddeld vroeger viel. Waarschijnlijk gaat het hier om de hoger liggende drogere gronden. De invloed van de grondwaterstand in juli kwam als directe maat niet naar voren; in bijna alle gevallen (87,5 %) was de grondwaterstand in juli dieper dan 120 cm, waardoor de wateraanvoer uit de ondergrond die is vereist voor de grote vochtbehoefte tijdens de rijping, waarschijnlijk niet snel genoeg was.

De invloed van stikstof die in de literatuurstudie naar voren kwam, werd hier niet aangetoond. Tot nu toe ontbreekt een goede maat voor de beschikbare hoeveelheid stikstof in het profiel, tenzij diep (tot 80-100 cm) wordt bemonsterd (HARMSSEN, 1962).

Snelheid van rijping. Het aantal oogstdagen was zwak positief gecorreleerd met de opbrengst (correlatiecoëfficiënt = +0,21). Een grotere oogst ging samen met een

langere oogstperiode. Was de gemeten plukperiode één dag langer, dan werd gemiddeld 10 g per plant of 4,5 kg per are meer geoogst bij een plantbestand van 440 planten.

Die factoren die de snelheid van de oogst bepaalden, zijn volgens de berekende correlatiecoëfficiënten samengevat in tabel 45.

De multiële correlatiecoëfficiënt in de regressieberekening was 0,47⁺⁺⁺. De opgenomen factoren waren de volgende.

De oogst verliep langzamer op de vochtigere gronden (fig. 34). Zo betekende een

Tabel 44. Correlaties tussen gemiddelde oogstdatum en andere factoren, gerangschikt naar afnemende absolute waarde

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt	Regressie- coëfficiënt	Standaard- afwijking regr. coëfficiënt
39 vochtgehalte juli / <i>moisture content July</i>	+ 0,57		
71 gew. % beschikb. vocht juli / <i>weight % available moisture July</i>		+ 0,200***	0,039
35 grondwaterstand maart (<i>watertable March</i>) in cm	— 0,46	— 0,023**	0,006
23 % humus / <i>% organic matter</i>	+ 0,33		
% leem / <i>% 0-50 μ</i>	+ 0,33	+ 0,060**	0,020
32 fractie > 90 μ / <i>fraction > 90 μ</i>	— 0,32		
9 leem op 30-40 cm diepte / <i>loam on 30-40 cm depth</i>	+ 0,31		
73 vochthoudend vermogen (<i>water holding capacity</i>) pF 2,0-pF 4,2 (vol. %)	+ 0,30		
33 N-totaal (<i>total N</i>) %	+ 0,29		
<i>Factor No.</i>	<i>Correlation coefficient</i>	<i>Regression coefficient</i>	<i>Standard deviation regr. coefficient</i>

Table 44. Correlations between lateness to 50% harvest and other factors, arranged according to decreasing absolute values

Tabel 45. Correlaties tussen de snelheid van de oogst en andere factoren, gerangschikt naar afnemende absolute waarde

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt	Regressie- coëfficiënt	Standaardaf- wijking regr. coëfficiënt
71 gew. % beschikbaar vocht juli / <i>weight % available moisture July</i>	+ 0,41	+ 0,059***	0,028
35 grondwaterstand maart (<i>watertable March</i>) in cm	— 0,37	— 0,017**	0,004
% leem / <i>% 0-50 μ</i>	+ 0,27	+ 0,046**	0,014
32 fractie > 90 μ / <i>fraction > 90 μ</i>	— 0,27		
10 leem op 50-60 cm diepte / <i>loam on 50-60 cm depth</i>	+ 0,25		
9 leem op 30-40 cm diepte / <i>loam on 30-40 cm depth</i>	+ 0,24		
33 N-totaal (<i>total N</i>) %	+ 0,23		
27 K-HCl / <i>K₂O-HCl</i>	+ 0,22		
<i>Factor No.</i>	<i>Correlation coefficient</i>	<i>Regression coefficient</i>	<i>Standard deviation regr. coefficient</i>

Table 45. Correlations between rate of ripening and other factors, arranged according to decreasing absolute values

10 % hoger vochtgehalte van de bouwvoor in juli, dat de periode tussen 25 % en 75 % afgeogst gemiddeld met een halve dag verlengd werd. Evenzo was de plukperiode praktisch een halve dag langer op de gronden, die 10 % meer leem bevatten.

De oogst was sneller beëindigd op gronden waar de grondwaterstand reeds in maart diep onder het maaiveld lag. Waarschijnlijk was deze diepe grondwaterstand een maat voor onvoldoende vochtaanvoer in voorjaar en zomer op de hoger gelegen, drogere gronden.

Fig. 33. Factoren, die de gemiddelde oogstdatum beïnvloedden, d.i. het aantal dagen na 26 juni 1955, waarop 50% is geoogst

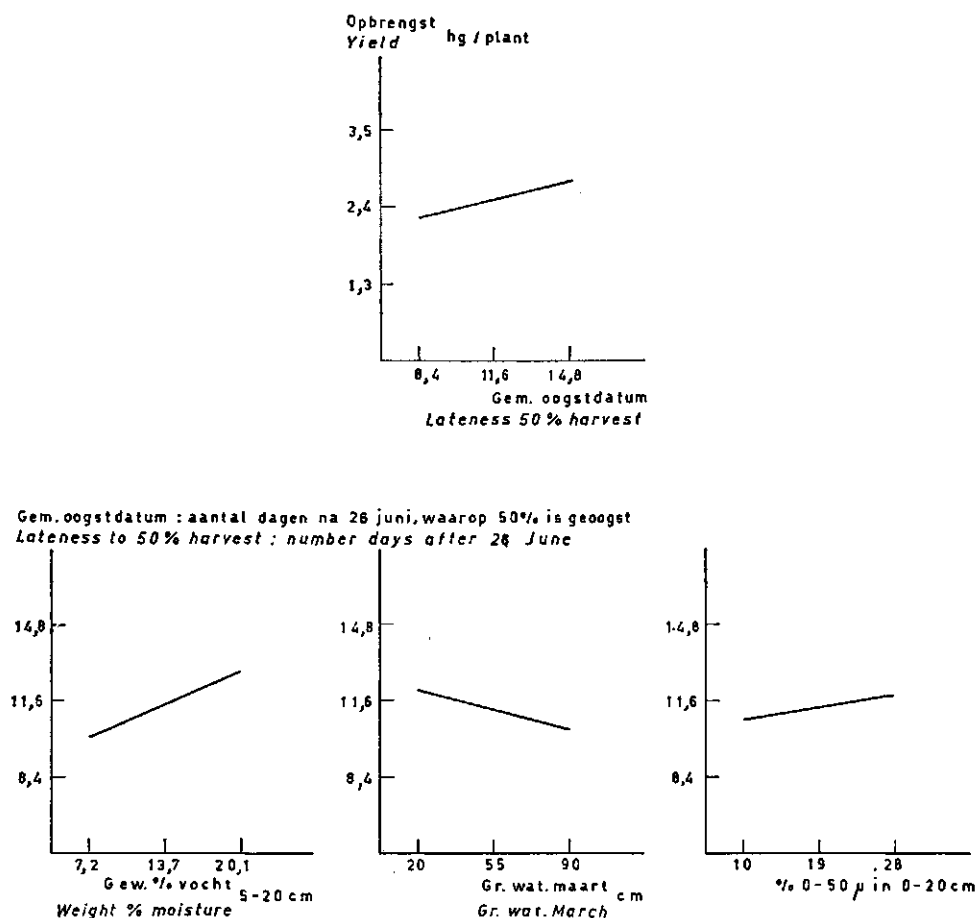


Fig. 33. Factors influencing lateness to 50% harvest, in number of days after 26 June 1955

Fig. 34. Factoren, die de snelheid van de oogst beïnvloeden, d.i. het aantal dagen tussen 25% en 75% van de oogst

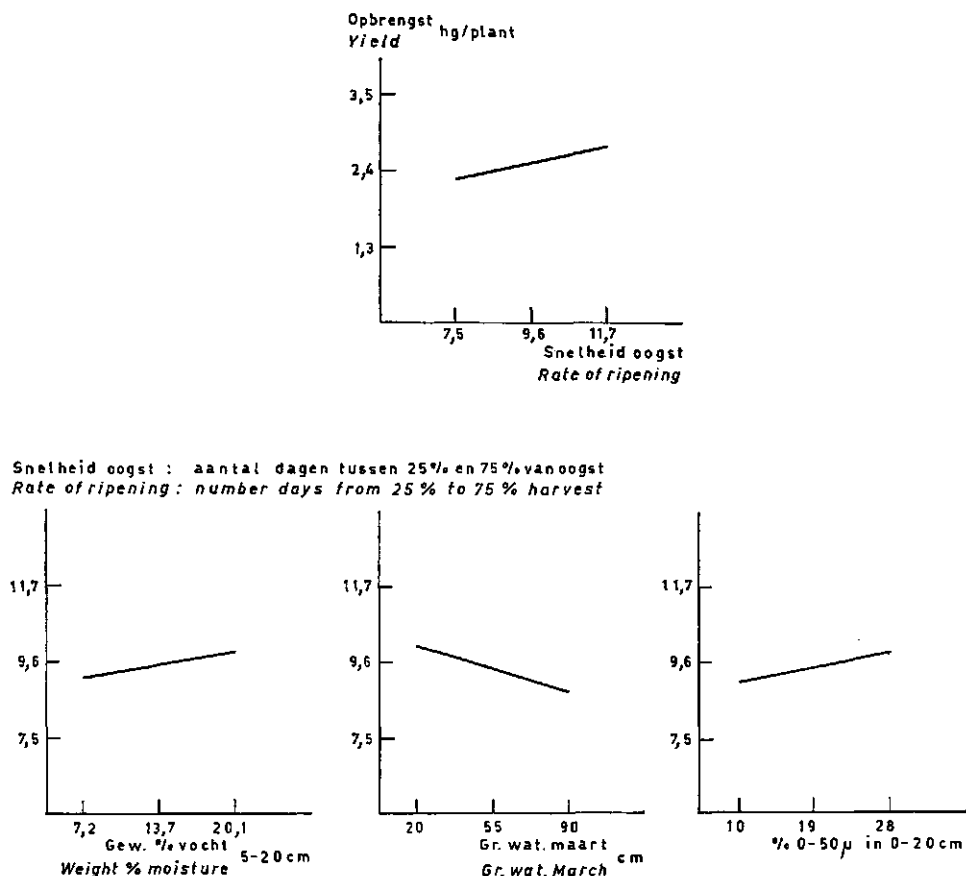


Fig. 34. Factors influencing rate of ripening in number of days from 25% to 75% of harvest

10.2.5 Kwaliteit van de vrucht

Voor de kwaliteit van de vrucht kan men verschillende kenmerken onderscheiden: grootte en vorm, kleur, smaak en aroma, stevigheid bij het vervoer, en kwaliteit bij opslag voor de conservenindustrie, d.i. verwerkingskwaliteit.

In dit onderzoek werd de invloed van bodemfactoren onderzocht op grootte, op vorm en verwerkingskwaliteit van de vruchten. Rotten vruchten kwamen in 1955 zo weinig voor, dat geen samenhang met bodemfactoren was vast te stellen.

10.2.5.1 Percentage grote vruchten in 1955

Na de pluk werd het percentage vruchten groter dan 2 cm diameter aan de schouder van de vrucht (A) geschat. De opbrengst per plant was nauw gecorreleerd met de

vruchtgrootte (correlatiecoëfficiënt = $+0,63^{+++}$). Een hogere opbrengst ging samen met grotere vruchten; 10% meer grote vruchten gemiddeld over de oogstperiode betekende een hogere opbrengst van 36 g per plant of 16 kg per are bij een dichtheid van 440 planten per are.

De in tabel 46 genoemde bodemfactoren en ziekten hingen volgens de correlatieberekening met het percentage grote vruchten samen. De multiële correlatiecoëfficiënt was $0,50^{+++}$.

Tabel 46. *Correlaties tussen het percentage grote vruchten (A %) en andere factoren, gerangschikt naar afnemende absolute waarde*

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt	Regressie- coëfficiënt	Standaardaf- wijking regr. coëfficiënt
25 log P-citr / log P-citric acid	+ 0,26	+ 22,69***	3,72
54 windschade april / wind damage April	— 0,25	— 1,55***	0,32
49 aaltjes juni / <i>Aphelenchoides fragariae</i> June	— 0,25	— 0,24***	0,06
50 virus juni / virus June	— 0,24	— 0,53***	0,11
51 meeldauw juli / <i>Sphaerotheca macularis</i> July	— 0,22		
33 N-totaal (total N) %	+ 0,18		
Factor No.	Correlation coefficient	Regression coefficient	Standard deviation regr. coefficient

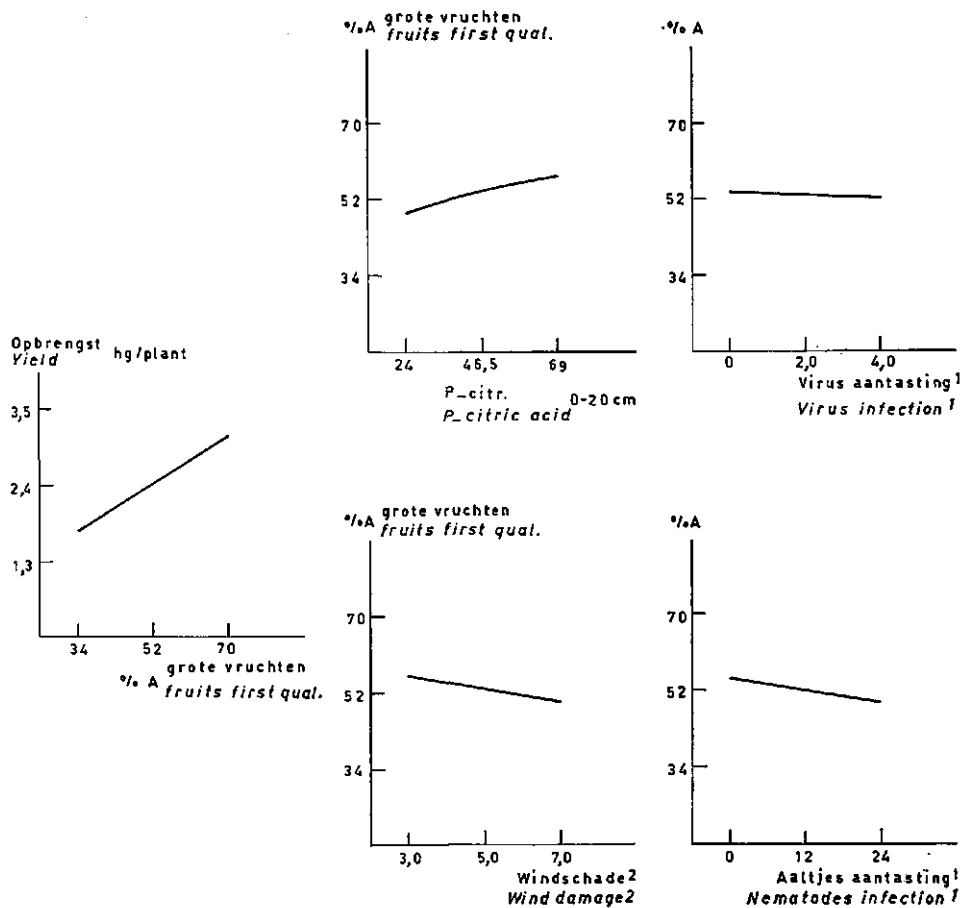
Table 46. *Correlations between the percentage first quality fruits (A %) and other factors, arranged according to decreasing absolute values*

Van de onderzochte bodemfactoren had fosfaat een zeer duidelijke invloed op de vruchtgrootte. Op fosfaatrijke percelen werden grotere vruchten gevonden. Een stijging van P-citr met 10 eenheden had een verhoging van het percentage grote vruchten met 2,3 % tot gevolg (fig. 35).

Een hoog percentage grote vruchten werd vooral aangetroffen op de luw gelegen percelen. Dit kan veroorzaakt zijn, doordat de vruchtzetting daar beter was en de bloembodem volledig uitgroeide, maar ook doordat de verdamping er minder sterk en de vochtvoorziening van de plant beter was (VAN RHEE, 1959).

Opmerkelijk was ook de invloed van ziekten op de grootte van de vruchten. Virus en aaltjes belemmerden blijkbaar spoedig het voldoende uitgroeien van de vruchten. Deze invloed moet vrij groot zijn, daar hij al naar voren kwam bij ruwe schattingen van de mate van aantasting door de genoemde ziekten.

Fig. 35. Factoren, die het percentage aan grote vruchten beïnvloedden



¹ Zie noot 7, bijlage 1 / See note 7, appendix 1

² Zie noot 8, bijlage 1 / See note 8, appendix 1

Fig. 35. Factors influencing the percentage of first quality fruits

10.2.5.2 Percentage misvormde vruchten in 1955

Het percentage misvormde vruchten (B) van de geoogste partijen werd op het oog geschat. De opbrengst was duidelijk gecorreleerd met het percentage 'baarden' (correlatiecoëfficiënt = $-0,56^{+++}$). Bij een 10 % hoger percentage misvormde vruchten was de opbrengst per plant gemiddeld 39 gram lager. Dat betekende bij een plantdichtheid van 440 planten een lagere opbrengst van 17,3 kg per are.

De correlatieberekening toonde een samenhang van het percentage misvormde vruchten met de volgende factoren aan (tabel 47).

Tabel 47. Correlaties tussen het percentage misvormde vruchten (B %) en andere factoren, gerangschikt naar afnemende absolute waarde

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt	Regressie- coëfficiënt	Standaardaf- wijking regr. coëfficiënt
49 aaltjes juni / <i>Aphelenchoides fragariae</i> June	+ 0,29	+ 0,24***	0,05
54 windschade april / wind damage April	+ 0,25	+ 1,20***	0,26
50 virus juni / virus June	+ 0,25	+ 0,41***	0,09
25 log P-citr / log P-citric acid	— 0,21	— 15,07***	2,98
37 grondwaterstand juli (watertable July) in cm	— 0,21	— 0,05***	0,01
51 meeldauw juli / <i>Sphaerotheca macularis</i> in July	+ 0,19		
72 vochtindex juli / moisture index July	+ 0,16		
112 N-bemesting voorjaar 1955 (N-dressing spring 1955) in kg N/ha	+ 0,15	+ 5,40**	1,83
Factor No.	Correlation coefficient	Regression coefficient	Standard deviation regr. coefficient

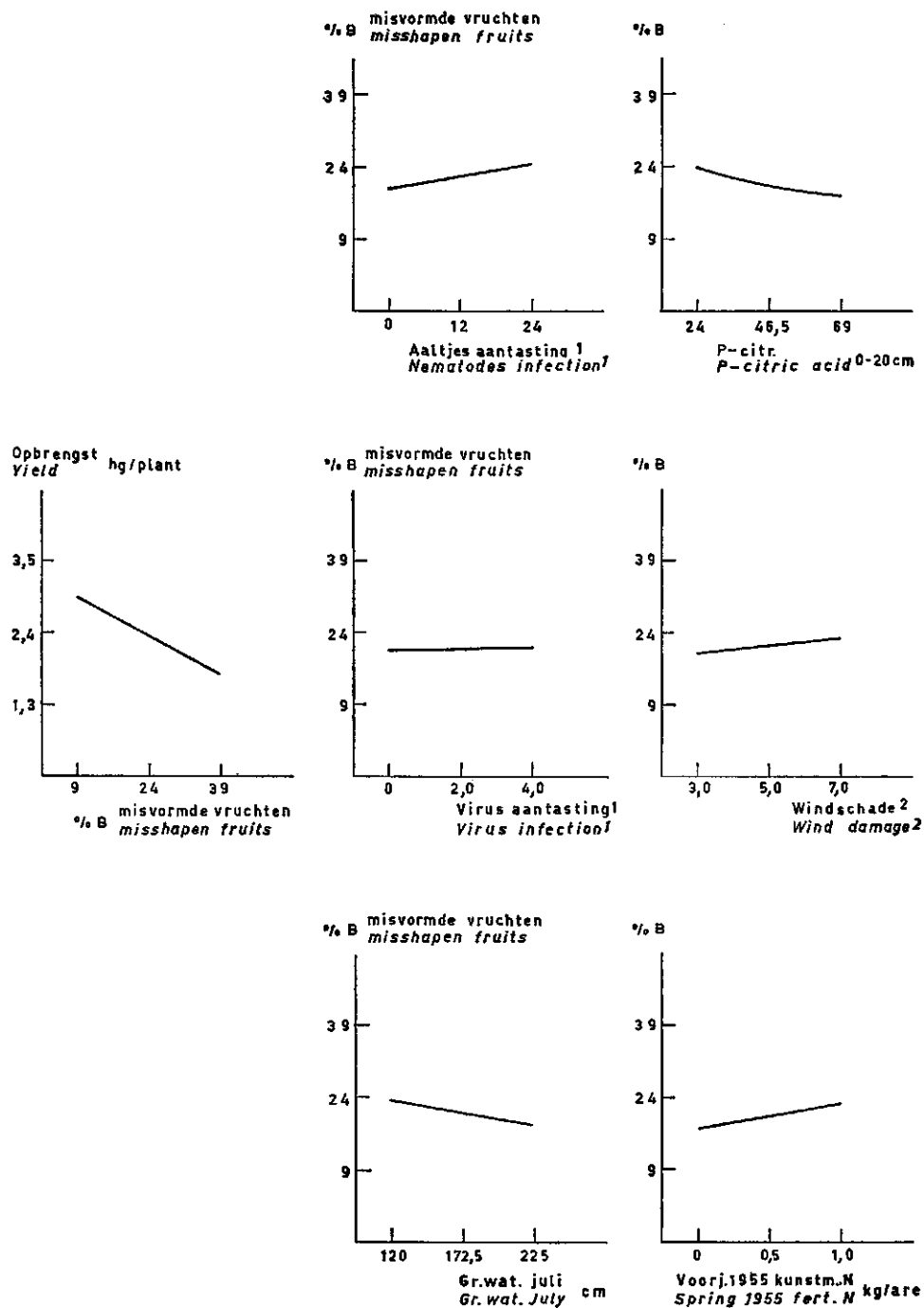
Table 47. Correlations between the percentage disfigured fruits (B %) and other factors, arranged according to decreasing absolute values

De multiële correlatiecoëfficiënt bedroeg $0,54^{+++}$.

Het percentage misvormde vruchten steeg bij zieke planten, zoals hier is aangetoond bij aantasting door virus en aaltjes (fig. 36). Op de aan de wind blootgestelde percelen werd de vruchtzetting ongunstig beïnvloed, met als gevolg misvormde vruchten (KRONENBERG, 1953; GROENEVELD, 1955; KRONENBERG, BRAAK, ZEILINGA, 1959). Goed van fosfaat voorziene percelen leverden beter gevormde vruchten. Zoals reeds eerder is betoogd, kan deze samenhang ook een indirecte zijn en geen oorzakelijk verband aangeven. Immers fosfaatrijke percelen zijn vaak ook beter voorzien van andere voedingsstoffen of ze zijn een indicatie voor betere cultuurmaatregelen. De literatuur wijst echter wel op de gunstige werking van fosfaat op de grootte van de vrucht.

Volgens de regressieberekening zou een hogere bemesting met stikstof leiden tot meer misvormde vruchten. De vraag is of deze samenhang zo moet worden geïnterpreteerd. Men kan dit verband ook aldus uitleggen dat een onvoldoende vruchtzetting een zwak uitgroeien van de bloembodem veroorzaakte. Een ruime stikstof-

Fig. 36. Factoren, die het percentage aan misvormde vruchten beïnvloeden



¹ Zie noot 7, bijlage 1 / See note 7, appendix 1

² Zie noot 8, bijlage 1 / See note 8, appendix 1

Fig. 36. Factors influencing the percentage of malformed fruits

voorziening maakte dat dergelijke misvormingen nog voor een deel tot een plukwaardig produkt uitgroeiden.

Op de drogere percelen met lage grondwaterstanden in juli was het percentage misvormde vruchten gemiddeld kleiner. Een onvolledige vruchtzetting van de bloemen trad daar blijkbaar minder spoedig op. Tijdens de pluk kon reeds worden opgemerkt dat de vruchten door vochtgebrek wel klein bleven, maar gaaf van vorm waren. Bij de waarnemingen in het veld werd de indruk verkregen, dat op leemhoudende gronden iets meer misvormde vruchten voorkwamen (positieve correlatie met de vochtindex). Deze indruk werd door de regressieberekening echter niet bevestigd.

Ook de percelen die ernstig door meeldauw waren aangetast leverden meer misvormde vruchten op. Deze invloed was echter minder sprekend en kon eveneens niet door de regressieberekening worden bevestigd.

10.2.5.3 Verwerkingskwaliteit in 1955

De aardbeien werden beoordeeld naar hun kwaliteit als materiaal voor de conservenindustrie. Vier monsters in de plukperiode per proefplek werden geconserveerd tot halffabrikaat met een oplossing van zwaveligzuur. De proef vond plaats in samenwerking met het Instituut voor Bewaring en Verwerking van Tuinbouwprodukten.

De cijfers voor de beoordeling van het halffabrikaat waren in zeer geringe mate gecorreleerd met de waargenomen factoren (tabel 48).

Tabel 48. Correlaties tussen verwerkingskwaliteit op 20/12/55 en andere factoren, gerangschikt naar afnemende absolute waarde

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt	Regressie- coëfficiënt	Standaardaf- wijking regr. coëfficiënt
54 windschade april / wind damage April	— 0,16	— 0,080**	0,030
28 MgO-NaCl in dpm / ppm	— 0,14	— 0,012*	0,004
10 leem op 50-60 cm diepte / loam on 50-60 cm depth	+ 0,12	+ 0,110**	0,043
27 K-HCl / K_2O-HCl	— 0,12		
8 korrelgrootte zand op 110-120 cm diepte / particle size of sand on 110-120 cm depth	+ 0,11	+ 0,193*	0,070
24 P-getal / P-water in mg $P_2O_5/100$ g dry soil	— 0,11	— 0,007*	0,003
Factor No.	Correlation coefficient	Regression coefficient	Standard deviation regr. coefficient

Table 48. Correlations between processing quality on 20/12/55 and other factors, arranged according to decreasing absolute values

De multiple correlatiecoëfficiënt van de regressieformule was 0,32. De lage correlatiecoëfficiënten gaven geen aanleiding tot een uitvoerig commentaar, te meer niet, omdat over de oorzaak van het inzakken van de vruchten geen bepaalde hypothese bestaat. De percelen, welke het meest aan de wind waren blootgesteld, leverden in verhouding een minder goed produkt.

11 Meerdere dimensionale bewerking van opbrengst en kwaliteit in 1956 volgens multi-pele lineaire regressie berekening

11.1 Inleiding

Van het jaar 1956, het derde groeiseizoen, zijn opbrengstgegevens van Jucunda bekend van 34 percelen, waarop bemestingsproefvelden en bespuitingsproeven met magnesium en koper lagen. Onderzocht werd, welke bodemfactoren opbrengst en kwaliteit op deze percelen beïnvloed hebben. De waarnemingen van de bodemfactoren in 1954 en 1955 dienden daarbij als uitgangspunt.

Wat het fysische en chemische grondonderzoek betreft, zijn over het algemeen slechts geringe veranderingen in de analysecijfers voor 1956 te verwachten. Ook de waterhuishouding van de grond in 1956 zal, daar er geen omvangrijke cultuurtechnische werken werden uitgevoerd, in grote lijnen dezelfde zijn geweest als die in 1955, al geldt dit misschien niet zo zeer voor het absolute niveau van de grondwaterstand, als wel voor de verschillen in grondwaterstand tussen de proefplekken.

De waarnemingen aan het gewas werden grafisch uitgezet tegen bodemfactoren. Die factoren welke een samenhang vertoonden met het gewas, werden verder getoetst in een aspectanalyse. Vervolgens werden die factoren gekozen die onderling weinig correleerden en hun invloed op het gewas berekend door middel van een multi-pele rechtlijnige regressie berekening. Het geringe aantal gegevens maakte het slechts mogelijk de belangrijkste factoren statistisch betrouwbaar aan te wijzen.

11.2 Opbrengst in 1956

De bodemfactoren die in 1956 een samenhang vertoonden met de opbrengst van Jucunda, zijn vermeld in tabel 49.

De opbrengsten van dezelfde percelen in 1955 vertoonden ook een betrouwbare samenhang met het vocht- en humusgehalte van de bouwvoor, de overige correlaties waren toen niet betrouwbaar.

Met behulp van de componentenanalyse werden twee aspecten geanalyseerd (THOMSON, 1951; tabel 50).

De twee aspecten tezamen omvatten 70% van de totale variantie. Het eerste aspect heeft de grootste eigen waarde.

Aspect I heeft hoge waarden voor de factoren die samenhangen met het vochtleverend vermogen en de adsorptiecapaciteit van de grond (beschikbaar vocht in juli

Tabel 49. Correlatiecoëfficiënten tussen opbrengst in 1955 en 1956 en bodemfactoren van 1955, 34 percelen

Factor nr.	1955	1956
71 gew. % beschikbaar vocht in de laag 5-20 cm, juli 1955/ <i>weight % available moisture in the layer 5-20 cm, July 1955</i>	+ 0,43*	+ 0,48**
23 % humus (% organic matter) 0-20 cm	+ 0,46**	+ 0,36*
28 MgO-NaCl, 0-20 cm	+ 0,09	+ 0,35*
35 grondwaterstand maart 1955 / <i>watertable March 1955</i>	— 0,08	— 0,33*
27 K-HCl (K_2O-HCl) 0-20 cm	+ 0,16	— 0,11
<i>Factor</i> <i>No.</i>	<i>1955</i>	<i>1956</i>

Table 49. Correlation coefficients for yield in 1955 and 1956 and soil factors of 1955, 34 plots

en humus resp. humus-, magnesium- en kaliumgehalte van de grond). De opbrengst is hiermee duidelijk positief gecorreleerd.

Aspect II wijst op de negatieve samenhang tussen de opbrengst aan de ene kant en de grondwaterstand in maart en het kaliumgehalte van de grond aan de andere kant.

Tabel 50. Aspectenanalyse met opbrengstgegevens van 1956

Factor nr.	Aspectwaarden	
	I	II
opbrengst (yield) 1956	+ 0,56	— 0,59
71 beschikbaar vocht juli (<i>available moisture July</i>) 1955, 5-20 cm	+ 0,88	— 0,16
23 % humus / % organic matter	+ 0,71	+ 0,34
28 MgO-NaCl	+ 0,85	+ 0,16
35 grondwaterstand maart (<i>watertable March</i>) 1955	— 0,49	+ 0,60
27 K-HCl / K_2O-HCl	+ 0,60	+ 0,65
eigen waarde van aspecten I en II / <i>communality of factors I and II</i>	2,91	1,30
<i>Factor</i> <i>No.</i>	<i>I</i>	<i>II</i>
	<i>Loadings</i>	

Table 50. Factor analysis with yield data in 1956

In de regressieformule, berekend zoals reeds eerder werd beschreven, in volgorde van grootte van de partiële covariantie, bleven de factoren: beschikbaar vocht en kaliumgehalte van de grond, over. De regressiecoëfficiënt van de eerste factor week statistisch zeer betrouwbaar van nul af, die van de tweede factor bijna. De regressieformule luidt:

opbrengst van Jucunda in 1956 (g/plant) = $+ 9,19 \times$ (gew. % beschikbaar vocht in juli 1955) - $4,69 \times$ K-HCl van de bouwvoor + 120
(stand. afwijk. regressiecoëff. resp. 2,45 en 2,33).

In het derde seizoen bleek de opbrengst van Jucunda dus gunstig te reageren op

een index voor een hoog vochtgehalte in de bouwvoor (namelijk waarnemingen van 1955). De tweede regressiecoëfficiënt wees erop dat een grens is gesteld aan de behoefte van de aardbei aan kali, zodat een overmaat kali een negatieve invloed had. In 1955 werd deze ongunstige invloed eveneens gevonden op de gronden met een gering vochtgehalte in de bouwvoor. Bij de ongunstige kaliwerking kan men ook denken aan een relatief magnesiumtekort. De cijfers van het grondonderzoek voor magnesium waren in het zandgebied van Zundert laag (bijlage 1). Het magnesiumgehalte was in 1956 positief gecorreleerd met de opbrengst. Dit positieve verband met het magnesiumgehalte van de grond werd in het eerste proefjaar niet duidelijk aangetoond. Bij de berekening van de regressieformule gaven de overige factoren van tabel 50 geen statistisch betrouwbaar van nul afwijkende regressiecoëfficiënten.

Het verband tussen opbrengst en beschikbaar vocht resp. kaliumgehalte van de grond bleek binnen het traject van de waargenomen punten rechtlijnig te zijn bij controle volgens de numeriek-grafische methode (EZEKIEL, 1950).

11.3 Percentage grote vruchten in 1956

De door correlatieberekening en aspectenanalyse met de geselecteerde factoren verkregen uitkomsten zijn opgenomen in tabel 51.

Tabel 51. Correlaties tussen opbrengst aan grote vruchten (A %) in 1955 en 1956 en bodemfactoren van 1955 (n = 34); aspectenanalyse met % A voor 1956

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt		Aspectwaarden	
	1955	1956	I	II
64 % A / % fruits first quality			+ 0,41	+ 0,84
23 % humus / % organic matter	+ 0,36*	+ 0,35*	+ 0,84	— 0,16
71 beschikb. vocht juli (available moisture July) 1955, 5-20 cm	+ 0,15	+ 0,25	+ 0,68	+ 0,13
28 MgO-NaCl	+ 0,08	+ 0,20	+ 0,71	— 0,10
% leem / % 0-50 μ	+ 0,36*	+ 0,14	+ 0,68	— 0,23
27 K-HCl / K_2O-HCl	+ 0,27	+ 0,04	+ 0,74	— 0,47
eigen waarde van aspecten I en II / communality of factors I and II			2,86	1,03
	1955	1956	I	II
Factor No.	Correlation coefficient		Loadings	

Table 51. Correlations between percentage of fruits first quality (A %) in 1955 and 1956 and soil factors of 1955 (n = 34); factor analysis for % fruits first quality of 1956

In 1955 en 1956 werden grote vruchten geoogst op de meer humushoudende percelen.

In aspect I wijzen de hoogste aspectwaarden op het vochthoudend vermogen en

het adsorptiecomplex van de grond. Hiermee hangt het percentage grote vruchten positief samen. In aspect II wordt de hoogste waarde gevonden voor de factor percentage grote vruchten. Dit percentage is negatief gecorreleerd met het kaliumgehalte van de grond.

Bij de berekening van de regressieformule had alleen het humusgehalte in de bouwvoor een statistisch betrouwbare invloed op de grootte van de vruchten. Grotere vruchten werden gevonden bij aardbeiplanten op humushoudende grond:

$$\text{percentage grote vruchten} = +0,38 \times \text{humusgehalte bouwvoor} + 43,26$$

(stand. afwijk. regressiecoëff. 0,18).

11.4 Verwerkingskwaliteit in 1956

De waarderingscijfers voor de kwaliteit van de geconserveerde aardbeien gaven geen betrouwbare correlatie en regressie te zien met de in het onderzoek betrokken bodemfactoren. De kwaliteit bleek bij de selectie van de grafieken nog het meest samen te hangen met de in tabel 52 genoemde bodemfactoren.

Tabel 52. Correlaties tussen verwerkingskwaliteit in 1955 en 1956 en bodemfactoren van 1955 ($n = 34$); aspectanalyse met verwerkingskwaliteit voor 1956

Factor nr.	Correlatie- coëfficiënt		Aspectwaarden	
	1955	1956	I	II
verwerkingskwaliteit / <i>processing quality</i>			— 0,16	+ 0,86
27 K-HCl / K_2O-HCl	— 0,27	— 0,17	+ 0,86	0,00
% leem / % 0-50 μ	— 0,21	— 0,17	+ 0,71	— 0,36
28 MgO-NaCl	— 0,13	+ 0,07	+ 0,70	+ 0,47
23 % humus / % <i>organic matter</i>	— 0,24	— 0,03	+ 0,79	+ 0,07
eigen waarde van aspecten I en II / <i>communality of factors I and II</i>			2,39	1,10
	1955	1956	I	II
Factor No.	Correlation coefficient		Loadings	

Table 52. Correlations between processing quality in 1955 and 1956 and soil factors of 1955 ($n = 34$); factor analysis for processing quality of 1956

In het eerste aspect dat werd bepaald door de adsorptiecapaciteit van de grond (verg. de hoge aspectwaarden voor kalium, humus, fractie 0-50 μ en magnesium), was de kwaliteit van de geconserveerde vruchten met negatief teken aanwezig. In het tweede aspect dat werd bepaald door de kwaliteitscijfers was er een positieve correlatie met het magnesiumgehalte van de grond (dit is in tegenstelling met de

voor 1955 gevonden negatieve correlatie). In overeenstemming met deze positieve correlatie was het gunstige effect op de kwaliteit in 1956 van bespuiting met magnesium bij lage magnesiumgehalten in de grond (par. 7.3.3).

De aspectwaarden en de correlatiecoëfficiënten zijn overigens te laag om een betrouwbare uitspraak te doen.

12 Meerdere dimensionale bewerking van de opbrengst in 1955 volgens de methode van de padcoëfficiënten

12.1 Opstelling van het model

De gegevens van het proefplekkenonderzoek met de aardbei in Zundert werden onder 8, 9, 10 en 11 bestudeerd volgens een model, waarin werd ondersteld, dat de groeifactoren alleen rechtstreeks de eigenschappen van het gewas beïnvloed hadden.

Voor een onderdeel van het materiaal is nu nagegaan, hoe de invloed van bepaalde factoren op de opbrengst moet worden geïnterpreteerd, als er wél sprake is van onderlinge beïnvloeding van 'onafhankelijke' factoren (zie 3.5). Hierbij wordt het volgende probleem gesteld:

Wat is de invloed van het leem- en het humusgehalte van de bouwvoor op de opbrengst, als het waterhoudende en het kittende vermogen van deze materialen met als gevolg een geringere windschade van het gewas apart in rekening worden gebracht?

Er werd een model opgesteld van de directe en indirecte beïnvloeding van de opbrengst door leem en humus. De grondwaterstand in maart en die in juli werden daarbij ook als exogene factoren beschouwd (fig. 37).

Fig. 37. Invloed van leem en humus in de bouwvoor op de opbrengst 'rechtstreeks' en via watervoorziening en windschade

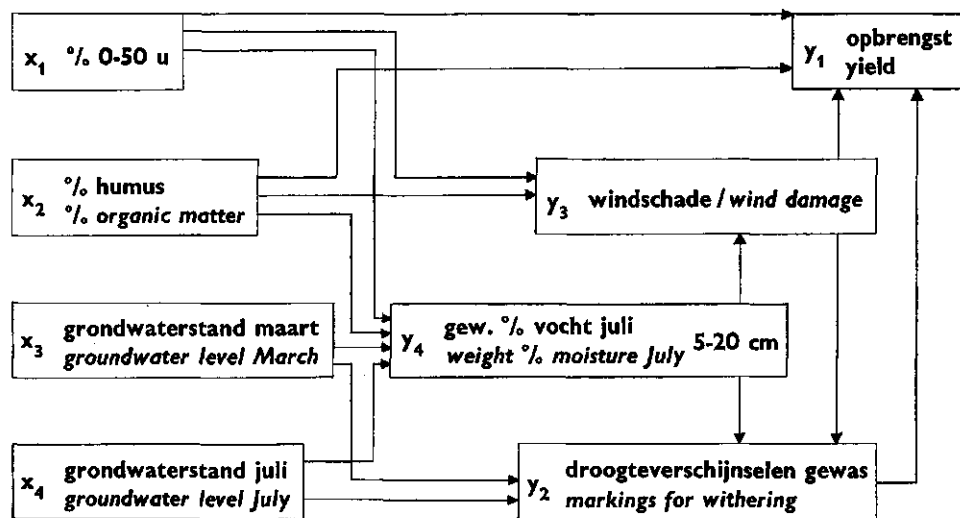


Fig. 37. Direct influence of loam and organic matter in top soil on yield and 'indirect' effect through water supply and wind damage

De volgende onderlinge betrekkingen werden verondersteld:

Leem x_1 en humus x_2 bezitten een zeker adsorptievermogen, wat betekent, dat zij o.a. voor de plant nuttige voedingsstoffen vasthouden. Dit is een 'directe' gunstige werking die parallel loopt met de aanwezigheid van meer vocht. Leem en humus verhogen namelijk ook het vochtleverend vermogen van de grond, hier als een 'indirecte' invloed beschouwd. Hierdoor zullen gewassen op leem- en humushoudende gronden pas later in het seizoen door een eventuele droogte schade lijden dan gewassen op humusarme, grove zandgronden. Zonder meer zijn deze beide facetten niet te onderscheiden. Daar het beschikbare materiaal echter tijdens de oogst verzamelde schattingscijfers (y_2) bevatte over de mate, waarin de plant schade had geleden door droogte, kon het laatstgenoemde aspect van de invloed van leem en humus in rekening worden gebracht.

Het tekort aan vocht van de plant kan veroorzaakt zijn door een onvoldoende vochtgehalte van de bouwvoor (y_4) en door onvoldoende aanvoer van water uit de ondergrond. De bepaling van het vochtgehalte in de bouwvoor in juli gaf een aanwijzing voor het eerste, terwijl de waarnemingen van de grondwaterstand in maart (x_3) en in juli (x_4) inlichtingen verschaften over de vochtvoorraad in het profiel in het voorjaar, de daling van de grondwaterstand gedurende het seizoen en de mogelijkheid van wateraanvoer uit de ondergrond gedurende de zomer. De verdroging van het gewas wordt mede bepaald door de ligging van het perceel.

Een luwe ligging van het perceel zal de verdroging van het bovengrondse gewas door de wind tegengaan. De in april opgenomen schadecijfers door de wind (y_3) gaven een maatstaf voor deze factor. Leem en humus hebben op hun beurt weer invloed op de mate van windschade. De verkittende werking van deze materialen doet minder zandkorrels door de wind in beweging komen waardoor de etsende werking op de bladeren een minder grote omvang aanneemt. Windschade zal ook minder optreden op percelen waar het vochtgehalte van de bouwvoor hoger is. Daar zullen de zandkorrels minder gauw in beweging komen onder invloed van de wind. Men kan zich ook voorstellen, dat de schade aan het gewas door de wind minder sterk is, als dit beter van vocht voorzien is, waardoor het minder uitdroogt.

12.2 Uitwerking van het model

Het model werd uitgewerkt tot een aantal structuurvergelijkingen. De daarin aanwezige coëfficiënten, de padcoëfficiënten, werden berekend volgens de tweestadiamethode van THEIL (1961).

In het eerste stadium werden de gereduceerde structuurvergelijkingen berekend volgens de methode der kleinste kwadraten (VAN UVEN, 1946). De afhankelijke variabele en de endogene factoren werden alleen afhankelijk van de exogene factoren verondersteld. Daar bij de berekening is uitgegaan van de produktmoment-correlatiecoëfficiënten van het gehele materiaal (tabel 53), werden de standaardregressie-

Tabel 53. *Correlatiecoëfficiënten van de factoren gebruikt in de methode van de padcoëfficiënten*

Factoren	% humus	grondwater-stand maart	grondwater-stand juli	vochtgehalte bouwvoor	windschade	frisheid gewas	opbrengst
leemgehalte (loam content) x_1				y_4	y_3	y_2	y_1
% humus / % organic matter	x_2 + 0,43	x_3 — 0,04	x_4 + 0,36	+ 0,52	— 0,20	+ 0,40	+ 0,17
grondwaterstand maart / watertable March		— 0,07	+ 0,23	+ 0,60	— 0,02	+ 0,31	+ 0,16
id. juli / July			+ 0,41	— 0,57	— 0,06	— 0,32	— 0,20
vochtgehalte, 5-20 cm, juli / moisture content, 5-20 cm, July				— 0,19	+ 0,07	+ 0,02	— 0,03
windschade / wind damage					— 0,10	+ 0,51	+ 0,22
frisheid gewas / markings for freshness						— 0,05	— 0,29
							+ 0,31
Factors	% organic matter	watertable March	watertable July	moisture content top soil	wind damage	markings for freshness	yield

Table 53. *Product moment correlation coefficients of the factors used in the method of path coefficients*

coëfficiënten verkregen, waarbij de variabelen zijn genormaliseerd en uitgedrukt in eenheden van de standaardafwijking (tabel 54). De oplossing van de gereduceerde structuurvergelijkingen leidt tot het volgende commentaar, dat maar beperkte gelijkgheid bezit volgens het ontworpen model.

Tabel 54. Oplossing van de gereduceerde structuurvergelijkingen met standaardregressiecoëfficiënten

$y_1 = +0,13^{**}$	$x_1 + 0,10^{(*)}$	$x_2 - 0,18^{***}$	$x_3 - 0,02$	x_4
$y_2 = +0,33^{***}$	$x_1 + 0,15^{**}$	$x_2 - 0,29^{***}$	$x_3 - 0,02$	x_4
$y_3 = -0,31^{***}$	$x_1 + 0,05$	$x_2 - 0,17$	$x_3 + 0,24^{***}$	x_4
$y_4 = +0,40^{***}$	$x_1 + 0,46^{***}$	$x_2 - 0,41^{***}$	$x_3 - 0,27^{***}$	x_4

Zie voor betekenis $y_1 - y_4$ en $x_1 - x_4$ tabel 53 / See for interpretation $y_1 - y_4$ and $x_1 - x_4$ table 53
Table 54. Solution of the reduced structural equations with standard regression coefficients

De opbrengst was hoger op de gronden met meer humus en meer leem en naarmate de grondwaterstand in maart hoger was. Een betrouwbare invloed van de hoogte van de grondwaterstand in de zomer werd, over het gehele proefmateriaal genomen, niet gevonden, terwijl toch te verwachten was dat vooral op de lichte grove zandgronden een lage grondwaterstand voor het gewas schadelijk zal zijn geweest.

De frisheid van het gewas, of liever het ontbreken van verdrogingsverschijnselen tijdens de droge periode in de pluk in midden juli, hing nauw samen met het gehalte aan leem en humus van de bouwvoor, terwijl de vochtvoorraad in het profiel sinds het vroege voorjaar, uitgedrukt door de hoogte van de grondwaterstand in maart, eveneens een belangrijke invloed uitoefende. Ook hier werd geen wiskundig betrouwbare invloed van de diepte van de zomergrondwaterstand gevonden.

De windschade aan het gewas, zoals deze in april tot uiting kwam aan de bladeren, was geringer op de gronden met meer leem. Een gunstige invloed van de humus, leidende tot een vermindering van de schade door de wind, werd niet meer gevonden.

De windschade was op percelen waar de grondwaterstand in de zomer lager was, groter. Het lijkt logisch te veronderstellen dat de grondwaterstand in de zomer in dit geval een maat was voor de hoogteligging van het perceel en dat een hogere ligging de kans op verstuiwing vergroot. Het dan ook voorkomende lagere vochtgehalte in de bouwvoor zal de verstuiwing bevorderd kunnen hebben.

De laatste vergelijking, met het vochtgehalte van de bouwvoor in juli als afhankelijke variabele, is, daar er geen endogene variabelen in voorkomen, gelijk aan de oorspronkelijke structuurvergelijking. Gronden met meer leem en humus hadden een hoger vochtgehalte in de bouwvoor in de zomermaanden. Het vochtgehalte was hoger, naarmate de grondwaterstand in maart en juli hoger was.

Als in het tweede stadium van de berekening de invloed van leem en humus in de bouwvoor via de vochtvoorziening en via de vermindering van de windschade in rekening wordt gebracht, dan blijkt de (overblijvende) invloed van beide bestanddelen op de opbrengst als in tabel 55 door de padcoëfficiënten te worden beschreven.

De opbrengst werd volgens de berekening van het model met de padcoëfficiënten door leem, afgezien van de verbetering van het vochthoudende vermogen en de ver-

Tabel 55. Padcoëfficiënten aangevende de invloed van leem (x_1) en humus (x_2) in de bouwvoor op de opbrengst (y_1) en de overige padcoëfficiënten volgens het model van figuur 37

$$\begin{array}{lcl} y_1 = & +0,64^{***} y_2 - 0,06 y_3 & -0,10^{**} x_1 + 0,001(*) x_2 \\ y_2 = & -0,54 y_3 + 0,39^{***} y_4 & -0,22^{***} x_3 + 0,22^{***} x_4 \\ y_3 = & -0,03 y_4 - 0,23^{***} x_1 + 0,10 x_2 & \end{array}$$

Zie voor betekenis $y_1 - y_4$ en $x_1 - x_4$ tabel 53 / See for interpretation $y_1 - y_4$ and $x_1 - x_4$ table 53

Table 55. Path coefficients indicating the influence of loam (x_1) and organic matter content (x_2) of the top soil upon yield (y_1) and other path coefficients from the model of figure 37

mindering van windschade, negatief beïnvloed. Dit is dus in tegenstelling met het 'vereenvoudigd' model uitgewerkt in de gereduceerde structuurvergelijking. Dit verrassende resultaat sluit echter in zoverre bij de veldwaarnemingen aan, dat op de sterk leemhoudende percelen soms inderdaad een slecht gewas werd aangetroffen. Deze slechte stand kan worden toegeschreven aan een onvoldoende luchthuishouding in het profiel, daar de bovengrond van deze percelen vaak min of meer verslempd was. Dit ongunstige aspect van een hoog leemgehalte zou dus bij de gevolgde wijze van bewerking van het materiaal het eerst naar voren komen en de grotere chemische rijkdom van de grond bij aanwezigheid van meer leem overdekken. Dit is overigens niet in strijd met hetgeen bekend is over het gedrag van de aardbei, die volgens de literatuur en de praktijkervaring in de eerste plaats gevoelig is voor fouten in de fysische hoedanigheid van de grond en in veel geringere mate voor chemische gebreken van de grond.

De invloed van het humusgehalte van de grond op de opbrengst was gering, als men de verbetering van het vochtregime van de grond buiten beschouwing laat. Ook hier kwam dus de door de organische stof verbeterde voeding niet tot uiting.

Een groot deel van de variantie in de opbrengst kwam op rekening van de vochtvoorziening van het gewas. De windschade, dus de al of niet luwe ligging van het perceel had invloed op de opbrengst. Deze invloed was hier niet statistisch betrouwbaar aan te tonen.

De *verdroging* van het gewas in de zomer tijdens de pluk vertoonde een nauwe samenhang met het vochtgehalte van de bouwvoor. Deze verdroging was daarbij minder, naarmate de vochtvoorraad in het profiel in het begin van het groeiseizoen groter was. Een lage grondwaterstand in juli zou over het gehele materiaal gezien gunstig zijn. De diepte van de grondwaterstand in juli blijkt nauw te zijn gecorreleerd met de daling van de grondwaterstand van maart tot juli. Men kan zich voorstellen dat een sterke daling van de grondwaterstand voor leemhoudende gronden een betere doorluchting en een grotere activiteit van de wortels waarborgt. Uit ander onderzoek met vruchtbomen is bekend, dat een goede luchtvoorziening voor meerjarige gewassen noodzakelijk is, zodra de bovengrondse delen in het voorjaar weer tot activiteit komen. De diepte van de grondwaterstand in juli zou hiervoor een maat zijn. Dat geldt als het vochtgehalte van de bouwvoor voldoende hoog blijft. Door windschade, m.a.w. op minder luw gelegen percelen was het gewas meer verwelkt.

De *windschade* was minder op leemhoudende percelen. Het vochtgehalte van de

bouwvoor in juli bleek alsnog de verschillen in het optreden van windschade in april weinig te kunnen verklaren. Inderdaad kwam minder windschade voor op de vochtigere percelen, maar deze invloed was niet statistisch betrouwbaar. Men kan zich voorstellen dat de verschillen in vochtgehalte tussen de percelen in april minder groot zijn dan die in juli. Daardoor zal deze factor in april van betrekkelijk geringe invloed zijn. Het is waarschijnlijk dat de waarneming van het vochtgehalte in juli een goede correlatie vertoont met dat van de bouwvoor in april, zeker voor die percelen die hoog gelegen waren en reeds een zekere daling van het vochtgehalte vertoond zullen hebben.

Samenvattend mag gesteld worden, dat het opstellen van een model waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat een bepaalde factor de opbrengst niet alleen direct maar ook indirect beïnvloedt, beter zal beantwoorden aan het ingewikkelde mechanisme dat aan de reactie van de plant op de onderlinge beïnvloeding van de chemische en fysische factoren van de bodemvruchtbaarheid ten grondslag ligt. Een vereiste is een grondig inzicht in de optredende ketenprocessen om een verantwoord model op te stellen.

In het gegeven voorbeeld bleken leem en humus, nadat hun invloed op het vochthoudende vermogen en het verstuivende karakter van de grond was geëlimineerd, een geheel andere en veel geringere invloed op de opbrengst te hebben dan was verwacht. Dit wijst erop dat de aardbei vooral reageert op de fysische hoedanigheid van de grond. Dit is in overeenstemming met hetgeen over dit gewas al bekend is. Ook de gunstige reactie op de toediening van stalmest kan in deze richting wijzen.

Het resultaat wijst dus aan dat door een fysische verbetering van de grond een verhoging van de opbrengst te verwachten is. Door verder onderzoek zou dit resultaat bevestigd moeten worden.

13 Bodemtypen en meervoudige factorenanalyse

13.1 Inleiding

De beschrijving van de bodemvruchtbaarheid kan plaats vinden langs de weg van een meervoudige factorenanalyse of van die van een onderverdeling van de gronden in bodemtypen. Bij continue variabelen spreekt de eerste methode meer aan, bij discontinue de tweede. In het eerste geval zal het opstellen van bodemtypen betekenen dat een continue variabele op de een of andere wijze kunstmatig in trappen wordt gesplitst. Men kan dit doen of aan de hand van de grootte van de desbetreffende variabele of aan de hand van de invloed van die variabele op de opbrengst van de gewassen, hetgeen landbouwkundig meer verantwoord lijkt. Het indelen naar bodemtypen zal bij continue variabelen wel zin hebben, als in de natuur bepaalde combinaties van factoren uitsluitend of veelvuldig voorkomen. De produktiviteit voor de landbouw van het ene bodemtype zal dan van die van het andere duidelijk kunnen verschillen. Het proefplekkenonderzoek zal niet tot een verklaring van de invloed van de afzonderlijke factoren leiden, als die factoren niet in alle combinaties, dus onafhankelijk van elkaar in hun invloed op het gewas te bestuderen zijn.

In de bovenstaande beschouwing is uitgegaan van een statisch model. Er hebben echter veranderingen in de tijd plaats; de afzonderlijke factoren beïnvloeden elkaar in het profiel ('bodenvorming'), bepaalde lagen in het profiel worden in de loop van de tijd verarmd of verrijkt. Ook door het ingrijpen van de mens, bijv. door toediening van een zware organische bemesting, wordt invloed uitgeoefend op chemische rijkdom en structuur van de ook dieper in het profiel gelegen horizonten.

De verschillen in moedermateriaal en de daarna in de bodem plaats vindende veranderingen leiden tot het onderscheiden van bodemtypen. De vraag is in hoeverre de gemaakte onderscheidingen waarde bezitten ten aanzien van de produktiviteit van het gewas. Bestudering van de invloed van de afzonderlijke factoren op de produktiviteit van het gewas, indien zij althans over de bodemtypen heen reiken, zal een maat voor de gewenste differentiatie kunnen geven. Factoren die zeer continu verlopen, vooral indien ze beïnvloed worden door direct ingrijpen van de mens, kunnen moeilijk discontinu worden ingedeeld en zullen opnieuw moeten worden gemeten om de produktiviteit van de desbetreffende grond vast te stellen (grondonderzoek). De bestudering van de factoren in een meervoudige factorenanalyse kan ook leiden tot een andere indeling of onderverdeling in bodemtypen door aan een bepaalde factor een andere waarde te hechten.

13.2 Bodemtype en reactie van de aardbei

In de legenda van de gedetailleerde overzichtskaart van het rapport 'De bodemgesteldheid van de gemeente Zundert' (VAN LIERE, 1950) worden bodemtypen onderscheiden naar de grofheid van het zand en het leemgehalte van de bodem en naar hun hoogteligging met een rangorde van uiterst droge tot natte en zeer natte gronden. Bovendien wordt een onderverdeling gemaakt naar de dikte van de humeuze laag, waarbij vijf klassen worden onderscheiden met verschillen van 25 cm.

De proefplekken werden volgens de bovengenoemde criteria ingedeeld bij de uitvoering van de profielkartering. Op deze wijze was een kwantitatieve waardering mogelijk van het produktievermogen van de onderscheiden bodemtypen aan de hand van de stand en de opbrengst van het gewas in 1955. De gebruikte legenda is opgenomen als bijlage 2.

Van de beekbezinkingsgronden waren in het proefplekkenonderzoek slechts drie percelen aanwezig, zodat over de betekenis hiervan geen uitsluitsel werd verkregen. Aardbeien worden trouwens weinig op deze gronden geteeld.

13.2.1 Waarnemingen aan het gewas ingedeeld naar bodemtype *Standcijfers van Jucunda in april 1955*

Alleen de gezonde en vrijwel gezonde planten werden per perceel op stand beoordeeld. Door de uitgebreidheid van het onderzoek was het niet mogelijk alle schattingen door één groep personen te laten uitvoeren. Daar de groepen schatters in de gemeente Zundert sectorsgewijze hun schattingen verrichtten, zullen fouten niet geheel voorkomen zijn, omdat de ligging van de bodemtypen niet gelijkmatig over deze sectoren was verspreid.

In tabel 56 zijn de standcijfers weergegeven van de gezonde planten op de gezonde en weinig zieke percelen.

Op de grove zandgronden Zg kwamen drie proefplekken voor met een humeuze laag dunner dan 25 cm. De stand van de Jucunda in april was daar slecht tot matig.

Bij een humeuze laag van 25-50 en 50-75 cm dikte was de stand aanmerkelijk beter en bijna goed (codecijfer 7) te noemen. Er kwamen op de grove zandgronden geen proefplekken voor met een humeuze laag dikker dan 75 cm.

Op de zandgronden Z werd een betere stand waargenomen naarmate de humeuze laag dikker was. Ook op de zandgronden met een laag lemig zand boven 80 cm diepte Xo werd een verbetering van stand geconstateerd als de grond tot grotere diepte humushoudend was. Deze zandgronden gaven bij een 'dunne' humeuze laag een duidelijk slechtere stand te zien. Het is niet onwaarschijnlijk dat de lemige laag een storende invloed op de ontwikkeling van het gewas heeft uitgeoefend, daar bekend is, dat wortels overgangen van lagen in het profiel moeilijk overwinnen. Ook kan water op de leemlaag stagneren (schijnspiegel). Indien het profiel tot grotere diepte humeus is, leveren deze overgangen waarschijnlijk minder bezwaar op.

Op de lemige zandgronden X was de stand minder, als de gronden tot diep in het

Tabel 56. Standcijfers van *Jucunda* in april 1955 op de bodemtypen onderverdeeld naar de dikte van de humeuze laag

Dikte humusdek in cm	Bodemtype					Gemiddeld	Gem. zand en lemig zand (Z en X)
	grof zand	zand	zandgrond met lemig zand	lemig zand	lemig op sterk lemig zand		
	Zg	Z	Xo	X	XL		
< 25	4,5 (3)					4,5 (3)	
25- 50	6,7 (9)	7,3 (32)	5,9 (11)	7,9 (18)	8,2 (5)	7,2 (75)	7,5 (50)
50- 75	6,8 (6)	7,3 (30)	7,4 (9)	7,4 (29)	8,3 (5)	7,4 (79)	7,4 (59)
75-100		7,9 (8)		7,6 (10)		7,7 (18)	7,7 (18)
> 100		8,1 (6)		6,7 (3)		7,6 (9)	7,6 (9)
gem. 25-75/ av. 25-75	6,7 (15)	7,3 (62)	6,6 (20)	7,6 (47)	8,3 (10)		
	Zg	Z	Xo	X	XL		
			sandy soil		loamy		
	coarse		with loamy	loamy	sandy soil		Average
	sandy	sandy	sand above	sandy	upon very		for sandy
Thickness of humic layer in cm	soil	soil	80 cm	soil	loamy sand		and loamy sandy soil
	Soil type					Average	(Z and X)

(3) = aantal waarnemingen / number of observations

Voor codering van standcijfer zie bijlage 1, noot 5 / For code of marks for state of crop see appendix 1, note 5

Table 56. Marks for state of *Jucunda* in April 1955 on soil types subdivided according to thickness of humic layer

profiel humus bevatten. Deze gronden zijn waarschijnlijk te vochthoudend, en hebben een te laag luchtgehalte om een gezonde wortelontwikkeling mogelijk te maken. Gemiddeld verbeterde de stand van het gewas van bodemtype Xo naar XL.

Aan de legenda van de bodemtypen (bijlage 2) zijn cijfers toegevoegd voor de typering van de waterhuishouding en wel van 1 voor zeer nat tot 7 voor zeer droog. Bij het cijfer 3 zijn de gronden gebleekt of vertonen ze gleyverschijnselen op 45-60 cm diepte, bij 4 op 60-75 cm en bij 5 op 75-100 cm diepte. Daar deze indeling naar bodemtype berust op de waterhuishouding, moet dit volgens VAN LIERE gezien worden als een momentopname. In 1955 werden geen afwijkingen van betekenis gevonden. Dit zou wel het geval hebben kunnen zijn na ingrijpende veranderingen in de waterstaatkundige toestand van het gebied.

Voor de invloed van de waterhuishouding van het profiel in samenhang met de korrelgrootte op de stand van het gewas zij verwezen naar tabel 57.

De hoeveelheid vocht die de plant ter beschikking staat, hangt samen met het vochtbergend vermogen en de hoogteligging van de grond ten opzichte van de grondwaterstand. Een lage grondwaterstand betekent op grove zandgronden Zg zeer droge teeltomstandigheden voor het gewas, maar leemhoudende zandgronden X zullen wegens het vochtbergende vermogen van het profiel het gewas langer van vocht kunnen voorzien.

De indeling van de grove zandgrond Zg naar een droog en een matig vochtig type bleek voor de stand van het gewas van geen betekenis te zijn. De stand was echter op de bodemtypen Z, Xo en X duidelijk beter op de vochtigere subtypen. De sterk leemhoudende zandgronden XL gaven een nog iets betere stand van het gewas in de vochtige groep. Fig. 38 geeft een visuele indruk van de standverschillen. Dat Xo5 ver achter blijft vindt een mogelijke verklaring hierin, dat de laag lemig zand extra storend gaat werken bij een grotere afstand tot de grondwaterspiegel.

Opbrengst van de aardbei Jucunda in 1955

De opbrengst van de proefplekken werden naar de bodemtypen uitgesplitst, waarbij de ernstige ziektegevallen weer werden weggelaten (tabel 58, zie voor op meeldauw gecorrigeerde opbrengst fig. 38).

De hoogste opbrengsten werden verkregen van het bodemtype XL, lemige zandgrond met sterk lemig zand in de ondergrond. De grove zandgronden Zg bleven ver achter, ook bij een humeuze laag van 25-75 cm. De produktieverschillen op de overige bodemtypen waren maar gering. De onderscheiding naar dikte van de humeuze laag bracht geen nadelig verschil in opbrengst naar voren voor de diepte van 25-50 cm ten opzichte van die van 50-75 cm. De gunstige invloed van een dikkere humeuze laag was niet zo duidelijk als werd verwacht, hetgeen ook reeds bij de

Tabel 57. Standcijfers van Jucunda in april 1955 naar bodemtype en hoogtelegging

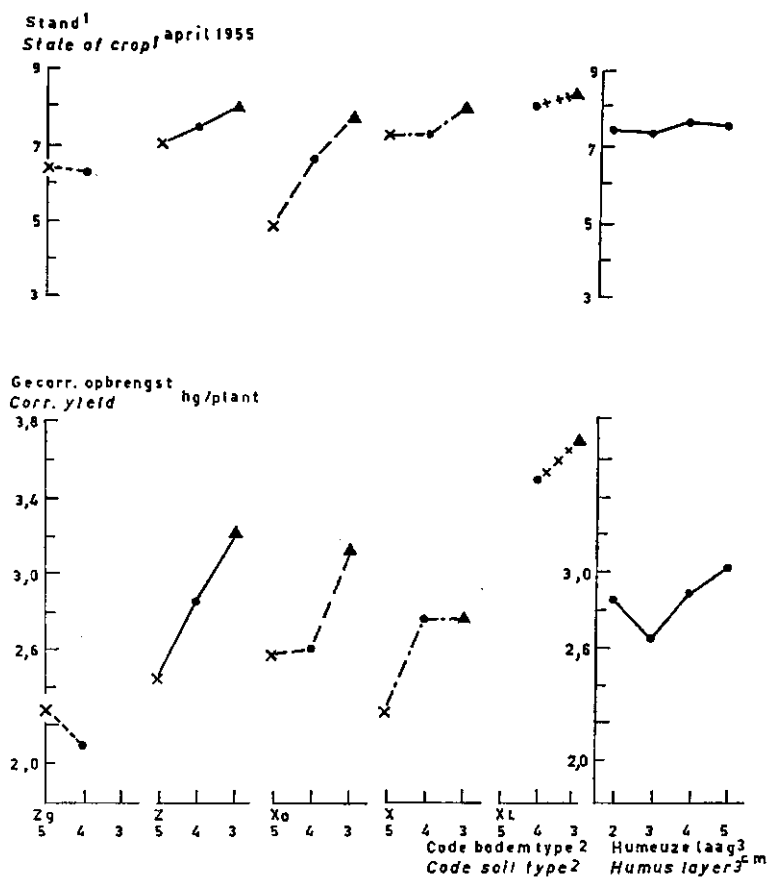
Vochtklasse	Diepte gley in cm	Code	Bodemtype					Gemiddeld
			grof zand	zand	zandgrond met lemig zand	lemig zand	lemig op sterk lemig zand	
			Zg	Z	Xo	X	XL	
droog / dry	75-100	5	6,4 (9)	7,0 (16)	4,9 (5)	7,3 (3)	—	6,6 (33)
matig droog / moderately dry	60- 75	4	6,3 (8)	7,4 (48)	6,7 (12)	7,4 (45)	8,2 (8)	7,3 (121)
vochtig / moist	45- 60	3	—	8,2 (13)	7,8 (4)	8,1 (12)	8,5 (2)	8,1 (31)
gem. / average			6,3 (17)	7,4 (77)	6,5 (21)	7,5 (60)	8,3 (10)	
			Zg	Z	Xo	X	XL	
					sandy soil		loamy	
			coarse		with loamy	loamy	sandy soil	
			sandy	sandy	sand above	sandy	upon very	
			soil	soil	80 cm	soil	loamy sand	
Moisture class	Depth of gley in cm	Code	Soil type					Average

(9) = aantal waarnemingen / number of observations

Voor codering van standcijfer zie bijlage 1, noot 5 / For code of marks for state of crop see appendix 1, note 5

Table 57. Marks for state of Jucunda in April 1955 on soil types, subdivided according to moisture classes

Fig. 38. Stand en opbrengst van *Jucunda* in 1955 op diverse bodemtypen, onderverdeeld naar vochtclassen en voor verschillende dikten van het humeuze dek



¹ Zie noot 5 bijlage 1 / See note 5, appendix 1

² Code bodemtype / Code of soil types

Zg -grove tot matig grove zandgronden / coarse to moderately coarse sandy soils

Z -zandgronden / sandy soils

Xo -zandgronden met laag lemig zand boven 80 cm / sandy soils with a layer of loamy sand in the top 80 cm

X -lemige zandgronden / loamy sand soils

XL -lemig zand op sterk lemig zand / loamy sand soil upon very loamy sand

× code 5: gleyverschijnselen op 75-100 cm diepte / top of gley at 75-100 cm

● code 4: gleyverschijnselen op 60-75 cm diepte / top of gley at 60-75 cm

▲ code 3: gleyverschijnselen op 45-60 cm diepte / top of gley at 45-60 cm

³ Dikte humusdek / Thickness of humus layer

2 25- 50 cm

3 50- 75 cm

4 75-100 cm

5 > 100 cm

Fig. 38. State of crop and yield of *Jucunda* in 1955 on the soil types subdivided according to moisture classes and on different thicknesses of humus layer

polyfactoranalyse bleek (fig. 20). Een zeer dunne humeuze laag (dunner dan 25 cm) was echter op het bodemtype Zg aanmerkelijk slechter.

Zoals ook bij de stand van het gewas werd gevonden, waren het droge en het matig vochtige type van de grove zandgronden even slecht (tabel 59 en fig. 38).

De opbrengst was hoger, naarmate het profiel in een vochtiger klasse viel. Een duidelijke uitzondering vormde de onderverdeling op de grove zandgronden. Dit wordt toegeschreven aan het feit dat de percelen van Zg 5, een in het algemeen ongeschikt bodemtype, zorgvuldig waren geselecteerd op andere gunstige factoren die het nadeel min of meer compenseerden. De te verwachten wisselwerking tussen leemhoudendheid en vochtklasse was enigszins aanwezig.

De indeling van de gegevens werd voorts gebruikt om de wisselwerking tussen vochtgroep en dikte van de humeuze laag op de opbrengst van de aardbei na te gaan (tabel 60).

De opbrengst nam toe naar het vochtige bodemtype op de gronden met een humeuze laag van 25-75 cm. Gronden met een laag dikker dan 75 cm waren over het algemeen niet gunstiger voor de opbrengst als de ligging ten opzichte van het grondwaterniveau lager was. Het is niet uitgesloten dat de oorzaak te vinden is in wateroverlast met als gevolg luchtgebrek en/of ongunstige afbraakprodukten van de humus.

Tabel 58. Gemiddelde opbrengst (in g/plant) van gezonde of vrijwel gezonde planten op verschillende bodemtypen onderverdeeld naar dikte van de humeuze laag, in 1955

Dikte humusdek in cm	Bodemtype					Gemiddeld	Gem. zand en lemig zand (Z en X)
	grov zand	zand	zandgrond met lemig zand	lemig op sterk lemig zand			
	Zg	Z	Xo	X	XL		
< 25	144 (3)					144 (3)	
25- 50	241 (9)	278 (32)	248 (11)	298 (18)	376 (5)	281 (75)	285 (50)
50- 75	208 (6)	269 (30)	302 (9)	270 (29)	362 (5)	274 (79)	270 (59)
75-100		321 (8)		284 (10)		301 (18)	301 (18)
> 100		317 (6)		256 (3)		297 (9)	297 (9)
gem. 25-75 / av. 25-75	228 (15)	274 (62)	272 (20)	281 (47)	369 (10)		
	Zg	Z	Xo	X	XL		
	coarse sandy soil	sandy soil	sandy soil with loamy sand above 80 cm	loamy sandy soil	loamy sandy soil upon very loamy sand		Average for sandy and loamy sandy soil (Z and X)
Thickness of humic layer in cm			Soil type			Average	

Table 58. Average yield (g/plant) of healthy and nearly healthy plants on soil types subdivided according to thickness of humic layer, in 1955

De dikte van de humeuze laag houdt nauw verband met het aantal jaren dat de grond in cultuur is (bemesting met plaggen). Op de laag gelegen gronden wordt de vertering van de humus geremd door wateroverlast, zodat hier niet steeds sprake is van invloed van de mens.

Tabel 59. Gemiddelde opbrengst (in g/plant) van gezonde planten op de bodemtypen onderverdeeld naar vochtklasse

Vochtklasse	Diepte gley in cm	Code	Bodemtype					Ge- middeld
			grof zand	zand	zandgrond met lemig zand	lemig zand	lemig op sterk lemig zand	
			Zg	Z	Xo	X	XL	
droog / dry	75-100	5	226 (9)	235 (16)	260 (5)	246 (3)	—	237 (33)
matig droog / moderately dry	60- 75	4	201 (8)	282 (48)	256 (12)	281 (45)	361 (8)	279 (121)
vochtig / moist	45- 60	3		337 (13)	324 (4)	285 (12)	402 (2)	319 (31)
gem. / average			214 (17)	281 (77)	270 (21)	280 (60)	369 (10)	
			Zg	Z	Xo	X	XL	
			coarse sandy soil	sandy soil	sandy soil with loamy sand above 80 cm	loamy sandy soil	loamy sandy soil upon very loamy sand	
Moisture class	Depth of gley in cm	Code	Soil type					Average

Table 59. Average yield (in g/plant) of healthy plants on soil types subdivided into moisture classes

Tabel 60. Opbrengst (in g/plant) van Jucunda op proefplekken ingedeeld naar vochtklasse en dikte van de humeuze laag, in 1955

Vochtklasse	Diepte gley in cm	Code	Dikte humeuze laag in cm				Ge- middeld
			25-50	50-75	75-100	> 100	
droog / dry	75-100	5	240 (17)	228 (13)	—	337 (2)	241 (32)
matig droog / moderately dry	60- 75	4	285 (42)	275 (56)	302 (15)	259 (5)	281 (118)
vochtig / moist	45- 60	3	312 (16)	329 (10)	279 (4)	351 (2)	316 (32)
gem. / average			281 (75)	274 (79)	297 (19)	297 (9)	
			25-50	50-75	75-100	> 100	
Moisture class	Depth of gley in cm	Code	Thickness of humic layer in cm				Average

Table 60. Average yield (in g/plant) of Jucunda on plots subdivided according to moisture classes and thickness of humic layer, in 1955

13.2.2 Statistische toetsing van de opbrengstverschillen naar bodemtype

Het aantal opbrengstbepalingen was per bodemtype en per subtype ongelijk. Via een niet-orthogonale methode van bewerking (HAMMING, 1949; CORSTEN, 1957) werden de beste schattingen berekend voor de opbrengsten per bodemtype, waarbij rekening werd gehouden met de ongelijke aantallen per klasse.

In dit materiaal bleken van de effecten grofheid en leemhoudendheid van het zand (bodemtype, B), vochtklasse (V) en dikte van het humusdek van 25 cm af (H) en van de interacties van de eerste orde ($B \times V$), ($B \times H$) en ($V \times H$) alleen bodemtype (B) en vochtklasse (V) wiskundig betrouwbaar.

De beste schattingen voor de opbrengsten per bodemtype respectievelijk per vocht-klasse, waarbij met de andere van belang zijnde factor rekening gehouden werd zijn, naar afnemende grootte, gerangschikt in tabel 61 en tabel 62.

Tabel 61. Opbrengsten per bodemtype na correctie op vochtklasse

	Lemig op sterk lemig zand XL	Zand Z	Lemig zand X	Zandgrond met lemig zand Xo	Grof zand Zg
Opbrengst (Yield) in g/plant	363 ^a	283 ^b	276 ^b	271 ^b	242 ^b
	Loamy sandy soil upon very loamy sand	Sandy soil	Loamy sandy soil	Sandy soil with loamy sand above 80 cm	Coarse sandy soil

^{a,b} Statistisch te onderscheiden groepen bij $P = 0,05$ / Statistically significant groups at $P = 0,05$

Table 61. Yields per soil type after correction for moisture class

De opbrengst op het bodemtype XL was het hoogst en betrouwbaar hoger dan die van de andere bodemtypen, waarbinnen de opbrengsten geen wiskundig betrouwbare verschillen te zien gaven (tabel 61). In deze groep stond het bodemtype Z bovenaan gevolgd door het bodemtype X. De laagste opbrengsten werden verkregen op bodemtype Zg.

De volgorde in opbrengst naar vochtklasse is als in tabel 62 aangegeven.

Tabel 62. Opbrengsten per vochtklasse gecorrigeerd op textuur

	Vochtig	Matig vochtig	Droog
Opbrengst (Yield) in g/plant	313 ^a	279 ^b	251 ^b
	Moist	Moderately moist	Dry

^{a,b} Statistisch te onderscheiden groepen bij $P = 0,05$ / Statistically significant groups at $P = 0,05$

Table 62. Yields per moisture class corrected for texture

De opbrengst was wiskundig betrouwbaar hoger voor vochtklasse 3, waar de gley-verschijnselen in het bodemprofiel wijzen op een waterstand in de winter van 45-60 cm diepte onder het maaiveld. De opbrengst nam af, naarmate de grondwaterstand dieper was.

De invloed van een humeuze laag dikker dan 25 cm was dus bij deze indeling niet statistisch betrouwbaar aan te tonen, noch de interactie tussen de leemhoudendheid en grofheid van het zand en de ligging ten opzichte van de grondwaterstand, welke interactie wel degelijk van invloed werd geacht en welke als zodanig in grafiek 11 naar voren komt met gebruik van het vochtbergende vermogen van het profiel als criterium.

13.2.3 Invloed van enkele bodemfactoren binnen het bodemtype op de opbrengst

In het materiaal werd onderzocht, welke invloed bepaalde bodemfactoren binnen de door VAN LIERE opgestelde bodemtypen hadden op het produktievermogen van de grond voor de aardbei. Hieruit zal moeten blijken of de bodemvruchtbaarheid wel of niet voldoende wordt gekarakteriseerd door de bodemtypen. De produktie van de aardbei op de gezonde percelen in 1955 werd daarbij als criterium genomen, hoewel aan deze maat verschillende bezwaren kleven:

- a. Het gaat om de produktie van één jaar zoals die is beïnvloed door het weer in 1954 en in de winter en het voorjaar van 1955. Deze produktie representeert niet het gemiddelde beeld over jaren.
- b. De tuinder zal bij voorkeur telen op de beste gronden. Deze zijn niet altijd beschikbaar. Naarmate de grond minder goed is, zal hij door aanpassing van zijn cultuurmaatregelen er nog sterker naar streven het beste resultaat te bereiken.
- c. Naarmate de gronden minder geschikt zijn, zullen minder percelen met aardbeien worden aangetroffen.
- d. Op de minder goede bodemtypen zullen die percelen voor de aardbeienteelt zijn uitgezocht, waar bepaalde factoren in het optimum zijn om achterblijven in produktie door andere factoren zo veel mogelijk te compenseren.

Bovenstaande bezwaren maken een onderlinge vergelijking van de door VAN LIERE aangegeven bodemtypen niet zo nauwkeurig als wel gewenst zou zijn.

In het proefplekkenmateriaal werd de invloed van de volgende factoren binnen de bodemtypen nagegaan, om te zien in hoeverre de opbrengst daarmee samenhangt: humusgehalte, leemgehalte, vochtgehalte in de bouwvoor midden juli, grondwaterstand in maart, en die tijdens de pluk. De berekende produktmoment-correlatiecoëfficiënten per bodemtype zijn laag door de grote variabiliteit van het gewas - de opbrengst is immers niet op de invloed van andere factoren 'gecorrigeerd' - en door het geringe aantal gegevens, zodat 'uitbijters' een sterke invloed hadden. Verhoging van de correlatiecoëfficiënt zou in sommige gevallen mogelijk zijn geweest door rekening te houden met kromlijnige verbanden. De gevonden relaties met de daarbij

gegeven correlatiecoëfficiënten zijn alleen weergegeven als zij overeenstemmen met het inzicht in de invloed van de beschouwde factor.

De gevonden relaties waren grotendeels gelijk aan die welke reeds bij de poly-factoranalyse naar voren kwamen. Dit spreekt vanzelf, omdat het materiaal daarbij reeds in twee groepen van bodemtypen werd ingedeeld. Voorafgaande analyse gaf het inzicht dat de invloed van de onderzochte factoren op de reactie van het gewas alleen duidelijk was vast te stellen, als het 'correlatieve' bodemcomplex van de leemhoudende zandgronden apart werd beschouwd van die van de grove en fijne zandgronden. Inderdaad vertoonden de beschouwde factoren een wisselwerking met het bodemtype.

De opbrengst reageerde duidelijk positief op het humusgehalte van de bouwvoor op de fijne zandgronden Z ($r = +0,34^{++}$) en minder positief op de leemhoudende X ($r = +0,19$).

Op de grove en fijne zandgronden verhoogde het leemgehalte van de bouwvoor de opbrengst ($r = +0,06$).

Een hoge grondwaterstand in het vroege voorjaar was gunstig op de zandgronden Zg en Z ($r = -0,20$), ongunstig op de zeer leemhoudende XL en min of meer ongunstig op de leemhoudende X ($r = +0,06$).

Het bovenstaande wijst dus op een interactie van de factoren, maar houdt ook in dat de karakterisering in bodemtypen alleen geen voldoende maat was voor het produktievermogen van de grond. Binnen het bodemtype fijne zandgrond X moet bijv. bij een waardering van de grond ook rekening gehouden worden met het humusgehalte.

Door VAN LIERE werd binnen de bodemtypen een onderverdeling aangebracht naar de hoogteligging met het oog op de vochtvoorziening aan de hand van de reductiekleuren. Deze hoogteligging moet waarschijnlijk verschillend worden gewaardeerd, als de grond wel of niet leemhoudend is. Binnen de onderscheiden vochtklasse reageerde de opbrengst vooral nog op een verdere differentiatie naar de hoogte van de waterstand in de winter. Zo waren de correlatiecoëfficiënten voor de vochtklassen van droog tot vochtig (5,4 en 3) met de opbrengst per plant resp. $-0,30$, $0,01$ en $+0,21$. Voor de zomerwaterstand waren deze coëfficiënten resp. $-0,35$, -0 en $+0,02$. In fig. 11 waar vochtbergend vermogen van het profiel en grondwaterstand in juli in hun wisselwerking ten aanzien van de opbrengst werden vergeleken, is gepoogd via continue variabelen de variatie in de opbrengst te verklaren, hetgeen echter maar matig gelukte.

Binnen de bodemtypen gaf de factorenstudie een verdere verklaring van de variatie in de opbrengst. Het indelingscriterium voor leemhoudendheid was onvoldoende, gezien de reactie van de opbrengst op het leemgehalte van de bouwvoor op de fijne zandgronden. De dikte van het humeuze dek, waarvoor VAN LIERE ook een onderverdeling heeft gemaakt, bleek niet zo'n grote invloed op de opbrengst te hebben gehad als aanvankelijk werd verwacht. Daarentegen was het humusgehalte van de bouwvoor van meer belang; vooral met de verdrogingsverschijnselen van het gewas werd een nauwe samenhang gevonden.

De indeling naar bodemtype schept dus een discontinuïteit, waardoor de verklaring in de variantie van de opbrengst zal te kort schieten als men met een verdere differentiatie in de factoren waarnaar men heeft ingedeeld, geen rekening houdt.

13.2.4 Typering van het produktievermogen van de grond door indeling naar bodemtype en door meervoudige regressie-analyse

In deze paragraaf zal worden nagegaan in hoeverre de twee typeringen, bodemtype en meervoudige regressie-analyse, verschillen in produktievermogen van de grond voor de aardbei kunnen verklaren (tabel 63).

Tabel 63. Deel van de variantie van de opbrengst per plant verklaard door indeling naar bodemtype, of door meervoudige regressie-analyse, al of niet met inbegrip van ziekten en windschade

	Bodemtype (grofheid zand, leem, vochtklasse, humusdek)	Meervoudige regressie-analyse	
		met ziekten en windschade	zonder ziekten en windschade
Totale materiaal / Total	21 %	—	—
leemhoudende zandgrond / loamy sandy soil	17 %	34 %	7 %
zandgrond / sandy soil	22 %	30 %	10 %
	Soil type (particle size, loam content of sand, moisture class, humic layer)	diseases and wind damage included	without diseases and wind damage
		Multiple regression analysis	

Table 63. Variance in yield ascribable to soil type or factors in multiple regression analysis, with or without diseases and wind damage

Voor de bodemtypen werd het gezamenlijke effect van grofheid en leemhoudendheid van het zand, vochtklasse en dikte van het humeuze dek in rekening gebracht. Er werd niet gecorrigeerd op de invloed van ziekten en wind. In de vorige paragraaf werd reeds vermeld, dat alleen de indelingen naar leemhoudendheid en vochtklasse statistisch betrouwbare onderscheidingen opleverden. Hier wordt ervan uitgegaan dat de overige indelingen, waaronder ook interacties, wel reëel zijn, hoewel ze in het materiaal niet statistisch betrouwbaar waren. Van de totale variantie in de opbrengst kon 21 % worden 'verklaard' door indeling in bodemtype.

De onderscheiding in de twee bodemgroepen $X_0 + X$ en $Z_g + Z$ gaf een statistisch betrouwbaar opbrengstverschil. Binnen de leemhoudende zandgronden X_0 en X werd door de verdere onderverdeling 17 % van de variantie in de opbrengst verklaard en door de bewerking volgens de meervoudige regressie-analyse 34 %. Ook voor de zandgronden werd door de meervoudige regressie-analyse de opbrengst beter voorspeld aan de hand van de waargenomen factoren (30 %) dan door de indeling van de aardbeipercelen naar bodemtype (22 %).

Tegen dit tegenover elkaar plaatsen van twee methoden van 'bodemgeschiktheidsbeoordeling' kunnen echter verschillende bezwaren worden aangevoerd.

Bij de onderscheiding naar bodemtype worden in hoofdzaak niet op korte termijn door de mens te veranderen factoren geëvalueerd, behoudens de mogelijke maar met vele kosten verbonden verandering in de waterhuishouding. Het effect van bemesting bijv. wordt niet in de beschouwing opgenomen. Ook een discontinue indeling in klassen zal een voorspelling van produktieverschillen minder betrouwbaar maken dan bij hantering van continue variabelen.

Daartegenover stuit men, zoals reeds in het voorgaande meermalen is betoogd, bij de analyse van de invloed van de afzonderlijke factoren op hun moeilijke kwantitatieve vastlegging, tenzij men een uitgebreid onderzoek in het laboratorium zou uitvoeren. Bij de meervoudige regressie-analyse werden wel verschillen in produktie door menselijk ingrijpen, zoals door bemesting, in de beschouwing betrokken. Zo werden ook de mate van beheersing van ziekten en de ligging van het perceel ten opzichte van de schadelijke werking van de wind in de berekening opgenomen. Worden de invloeden van de aantasting door meeldauw en aaltjes en die door de wind geëlimineerd, dan wordt het door de meervoudige regressie-analyse verklaarde deel sterk gereduceerd. Zo daalt de verklaarde variantie op leemhoudende gronden van 34 % tot 7 %, hetgeen veel lager is dan de variantie verklaard door indeling naar bodemtype (17 %).

Hoewel door de meervoudige regressie-analyse factoren in beschouwing werden genomen die bij de indeling naar bodemtype niet werden geëvalueerd, zoals humusgehalte, chemische rijkdom van de bouwvoor en toediening van stalmest, was het niet mogelijk meer van de variantie in de opbrengst te verklaren dan via bodemtypen. Gedeeltelijk zijn echter dezelfde factoren als verklarende variabelen gebruikt. Het achterblijven van de meervoudige regressie-analyse moet worden toegeschreven aan de fragmentarische beschrijving van het profiel die een bewerking van het oogstmateriaal zonder onderverdeling naar bodemtype onmogelijk maakte. In de vorige paragraaf werd er nl. reeds op gewezen, dat binnen de bodemtypen relaties voorkwamen met factoren, die ook voor de indeling van de bodemtypen werden gebruikt. Het voordeel van het gebruik van continue variabelen in de meervoudige regressie-analyse ging blijkbaar weer verloren. De onverklaarde variantie in de produktie van het gewas is te groot om een uitspraak te kunnen doen in de kwestie, in hoeverre bodemtype en meervoudige factorenstudie hier elkaar kunnen aanvullen of vervangen.

13.3 Opbrengst van de aardbei Jucunda in 1955 op de nieuwe kaarteenheden van de Stichting voor Bodemkartering

In 1964/65 verscheen kaartblad 50 West Breda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000. Bij de beschrijving van de bodem zijn daarbij kaarteenheden ingevoerd volgens een nieuw systeem van bodemclassificatie voor Nederland (Bodemkaart van Nederland, 1964; DE BAKKER en SCHELLING, 1966).

De hoofddeling van de legenda is voornamelijk gebaseerd op het wel of niet

voorkomen van bepaalde bodemhorizonten, dus op een scheiding van naar bodemvorming en -ontwikkeling wel of niet bij elkaar behorende gronden.

Met behulp van de profielbeschrijvingen van 1955 werden de proefplekken ingepast in de nieuwe kaarteenheden. Daarbij werd op het nieuwe kaartblad 1:50.000 nagegaan, of de gevonden kaarteenheden volgens de ligging van de proefplek overeenstemde met die op de kaart. Wees de profielbeschrijving duidelijk op een andere kaarteenheden, maar lagen beide kaarteenheden op het kaartblad dicht bij elkaar, dan werd de gekozen kaarteenheden toch gehandhaafd. In gevallen van twijfel werd geen nieuwe benaming gegeven. Op deze wijze kon 90 % van de proefplekken van nieuwe benamingen worden voorzien. Er vond geen verificatie in het veld plaats.

Hoewel de verdeling van de korrelgrootte van het zand niet nauwkeurig genoeg was bepaald, leverde de codering van de mediaan van de zandfractie (M50) geen moeilijkheden, omdat in dit gebied uitsluitend fijn zand met M50 kleiner dan 210 μ voorkwam.

Het tweede cijfer voor de indeling naar het leemgehalte (kleiner dan 50 μ) werd gebaseerd op de uitslag van het granulometrische onderzoek van de bouwvoor (0-20 cm) en op de verdere schattingen in het profiel over de fijnheid en leemhoudendheid van het zand. Textuur en mediaan van de bovengrond tot 30 cm diepte werden, zoals aangegeven, als indelingscriteria aangehouden indien deze grootheden binnen het boorbereik (120 cm) niet uniform waren.

Het grondwaterregime wordt gekarakteriseerd door grondwaterstand en fluctuatie. De volgende indeling der grondwatertrappen wordt voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 gebruikt (tabel 64).

De toekenning van de grondwatertrap aan een bepaalde proefplek werd gebaseerd op de waargenomen grondwaterstanden in eind maart 1955, in juni tijdens de profielbeschrijving en in eind juli, en op het voorkomen van gleyverschijnselen in het profiel zowel als op de plaats van voorkomen op de nieuwe bodemkaart.

Het aantal proefplekken met gezonde of vrijwel gezonde planten dat in nieuwe kaarteenheden kon worden ondergebracht bedroeg 157. De onderscheiden kaarteenheden hadden, gesommeerd over de grondwatertrappen, gemiddelde opbrengsten als aangegeven in tabel 65.

Tabel 64. Indeling van grondwatertrappen naar gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstand in cm onder maaiveld

	Grondwatertrappen						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Gem. hoogste grondwaterstand in cm / <i>Av. highest groundwater level, in cm</i>	—	—	< 40	> 40	< 40	40-80	> 80
Gem. laagste grondwaterstand in cm / <i>Av. lowest groundwater level, in cm</i>	< 50	50-80	80-120	80-120	> 120	> 120	> 120
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>
<i>Graduation classes for groundwater level</i>							

Table 64. Graduation classes for groundwater level, according to average highest and average lowest watertable

Tabel 65. Gemiddelde opbrengsten (g/plant) van aardbeien op kaarteenheden volgens Kaartblad 50 West Breda van Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50.000

Kaarteenheid ¹	Code	Textuur		Ge- middeld
		fijn zand (2)		
		< 17,5% 0-50 μ (1)	> 17,5% 0-50 μ (3)	
		21	23	
hoge zwarte enkeerdgrond / / black 'enk' earth soils	zEz	309 (23)	282 (40)	292 ^b (63)
laarpodzolgrond / 'laar' podzolsoils	cHn	282 (13)	290 (16)	286 ^b (29)
veldpodzolgrond / 'veld' podzolsoils	Hn	255 (16)	272 (7)	260 ^b (23)
beekerdgronden / 'beek' earth soils	pZg	322 (4)	336 (16)	333 ^a (20)
gooreerdgronden / 'goor' earth soils	pZn	260 (11)	265 (11)	263 ^b (22)
gem. / average		284 (67)	290 (90)	
		21	23	
		< 17.5 % 0-50 μ (1)	> 17.5 % 0-50 μ (3)	
		fine sand (2)		

Soil type (map unity) ²	Code	Texture	Average
------------------------------------	------	---------	---------

(23) = aantal waarnemingen / number of observations

^{a,b} Statistisch te onderscheiden groepen bij $P = 0,05$ / Statistically significant groups at $P = 0,05$

¹ Korte omschrijving van kaarteenheden:

zEz HOGE ZWARTE ENKEERDGRONDEN; hoog gelegen zandeerdgronden met een dikke, zwarte A 1 en fijn zand;
21 met minder dan 17,5% leem
23 met meer dan 17,5% leem

cHn LAARPODZOLGRONDEN; humuspodzolgronden zonder ijzerhuidjes op de zandkorrels direct onder B 2 met matig dikke A 1; c (= cultuurdek): de bovengrond is matig dik (30-50 cm)

Hn VELDPDZOLGRONDEN; humuspodzolgronden zonder ijzerhuidjes op de zandkorrels direct onder B 2 met dunne A 1

pZg BEEKEERDGRONDEN; kalkloze zandeerdgronden met een dunne of matig dikke minerale eerdlaag met hydromorfe kenmerken en met roest die binnen 35 cm begint en doorgaat tot 1,20 m of tot de gereduceerde ondergrond; p (= prominent): er is een minerale eerdlaag dunner dan 50 cm aanwezig

pZn GOOREERDGRONDEN; kalkloze zandeerdgronden met een dunne of matig dikke minerale eerdlaag met hydromorfe kenmerken, met weinig of geen roest

² See for explanation of map unities:

H. de Bakker and J. Schelling. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland, Pudoc, Wageningen, 1966 (Summary: A system of soil classification for the Netherlands, pp 171-201)*

Table 65. Average strawberry yields (g/plant) on new soil types (map unities) according to Kaartblad 50 West Breda van Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50.000

Gemiddeld werd de hoogste opbrengst verkregen op de beekerdgronden. Dan volgden de zwarte enkeerdgronden. De aardbeienproductie was het laagst op de gooreerdgronden en de veldpodzolgronden.

Statistische toetsing leverde alleen betrouwbare verschillen op voor de produktie-niveaus tussen de subgroepen. De beekerdgronden gaven hogere produkties dan de overige subgroepen; de laatste verschilden onderling niet statistisch betrouwbaar.

Noch de onderverdeling naar leemhoudendheid, noch de indeling der grondwatertrappen gaf statistisch betrouwbare groepsverschillen.

13.3.1 Invloed van grondwatertrappen en van diverse bodemfactoren binnen de subgroepen op de opbrengst

Grafisch werd de invloed van de volgende factoren per subgroep onderzocht: percentages deeltjes van 0-50 μ , humus in de bouwvoor en grondwaterstand bepaald in maart en juli 1955. Tevens werd de betekenis van de bij de nieuwe classificering ingevoerde grondwatertrappen in beschouwing genomen.

Om met het laatstgenoemde te beginnen, gemiddeld over het gehele materiaal werd de hoogste opbrengst verkregen bij grondwatertrap III: gemiddelde hoogste grondwaterstand GHG < 40 cm en gemiddelde laagste grondwaterstand GLG 80-120 cm.

De opbrengsten waren voor de diverse grondwatertrappen als in tabel 66.

Tabel 66. Opbrengsten bij enkele grondwatertrappen uit tabel 64

Grondwatertrappen / Graduation classes for groundwater level	III	V	VI	VII
Gem. opbrengst (Av. yield) in g/plant	313	288	287	266

Table 66. Yield for some graduation classes for groundwater level according to table 64

Deze groepering stemde dus overeen met de bij de polyfactoranalyse gevonden gunstige invloed van een hoge grondwaterstand in de winter, maar gaf aan dat de grondwaterstand in de zomer niet dieper mag dalen dan tot een gemiddelde stand van 80-120 cm. In het proefplekkenmateriaal werd soms een beperkte grondwaterstands daling gunstig bevonden. Soms echter was een diepe grondwaterstand, zoals die in de meer leemhoudende gronden voorkomt, beter. Volgens deze bewerking van het materiaal zou een verdere indeling naar de zomerwaterstand binnen groep V gewenst zijn.

Beekeerdgrond pZg

De beekerdgronden pZg gaven gemiddeld de hoogste opbrengst en de lemige pZg 23 was hoger in opbrengst dan de leemarme en zwak lemige pZg 21. Van de laatste klasse waren slechts vier opbrengstbepalingen aanwezig, zodat de hieronder vermelde relaties in hoofdzaak berusten op de gegevens van klasse pZg 23. Vijf van de in deze klasse ondergebrachte proefplekken bevatten echter minder dan 17,5% leem in de bouwvoor, hetgeen het indelingscriterium was voor de leemhoudendheid van

het gehele profiel of bij duidelijk te onderscheiden lagen voor het gehalte tot 30 cm diepte.

Met het leemgehalte van de bouwvoor bestond een samenhang, waaruit viel af te leiden dat de gronden met 25-30% leem in de bouwvoor het meeste produceerden. Zwaardere bovendecken droegen niet meer bij tot een verdere opbrengststijging; er was zelfs een tendens tot een daling.

Binnen deze subgroep pZg was het van belang een onderverdeling in te voeren naar het humusgehalte van de bouwvoor ($r = +0,11$). De opbrengst aan aardbeien steeg tot een humusgehalte van 4 à 5%.

Hoge grondwaterstanden in de winter gaven de beste opbrengst; een grondwaterstand van circa 40 cm was daarbij het gunstigst. Grondwatertrap III of V verdiende dus de voorkeur.

Binnen het traject van de zomerwaterstanden 90-120 cm was een zwak negatieve invloed aanwezig ($r = -0,16$). De hoogste waterstand was het gunstigst.

Zwarte enkeerdgronden zEZ

Deze subgroep was de tweede naar de opbrengst van aardbeien in 1955. Hierbij bracht de leemarme en zwak lemige klasse 21 meer op dan de lemige fijnzandige. Bij een dik humeus dek reageerde de aardbei blijkbaar niet steeds gunstig op een hoog leemgehalte.

De opbrengst binnen klasse 23 resp. 21 gaf geen samenhang te zien met het leemgehalte van de grond.

De opbrengst nam echter op de leemarme gronden duidelijk toe met het humusgehalte ($r = +0,45$); gronden met een humusgehalte in de bouwvoor lager dan 4% bleven op kaartenheid zEZ 21 duidelijk in opbrengst achter. Een dergelijke relatie met het humusgehalte was voor de lemige gronden behorend tot kaartenheid zEZ 23 niet aanwezig.

De op de zwarte enkeerdgronden in 1955 verzamelde opbrengsten tezamen wezen op de gunstige invloed van een hoge grondwaterstand in de winter (40 cm beneden het maaiveld, $r = -0,19$). Een hoge grondwaterstand in de zomer was waarschijnlijk beter ($r = -0,09$) op de lemige zandgronden zEZ 23.

Laarpodzolgronden cHn

De laarpodzolgronden waren de derde in produktie van aardbeien in 1955. De leemarme en zwak lemige podzolgronden gaven geen relatie te zien met het percentage leem in de bouwvoor, waarschijnlijk wegens het korte traject (6-17,5% deeltjes van 0-50 μ). Op de lemige laarpodzolgronden steeg de opbrengst duidelijk met toenemend leemgehalte van de bouwvoor ($r = +0,74$). Waarschijnlijk was daar ook het humusgehalte van belang ($r = +0,10$), hetgeen in de klasse cHn 21 niet tot uiting kwam.

Een hoge grondwaterstand in maart was voor beide klassen van belang ($r = -0,21$ voor de leemhoudende subgroep); 40 cm beneden maaiveld leek optimaal. De ongunstige invloed van een lage waterstand in de zomer manifesteerde zich op de leem-

houdende gronden ($r = -0,16$). De hoogst voorkomende waterstanden 140-180 cm gaven de beste opbrengst. Op de leemarme podzolgronden was er geen duidelijke samenhang.

Gooreerdgronden pZn

Binnen de subgroep gooreerdgronden werd nog een duidelijk gunstige invloed van het humusgehalte van de bouwvoor geconstateerd op de opbrengst van de aardbei in 1955 in de leemarme groep 21 ($r = +0,43$); evenzo was daar een hoge grondwaterstand in het voorjaar als watervoorraad in de verdere loop van het seizoen gunstig ($r = -0,35$). Een hoge grondwaterstand in de zomer (minder dan 140 cm beneden het maaiveld) is gewenst voor een goede produktie op gronden ingedeeld bij deze kaarteenheden ($r = -0,11$). De opbrengst hing ook min of meer samen met het leemgehalte van de bouwvoor ($r = +0,31$ voor klasse 21). Boven 16-18 % deeltjes van 0-50 μ was er geen duidelijke opbrengststijging meer, zodat de twee klassen 21 en 23 een duidelijke typering van wel of geen reactie op de leemhoudendheid te zien gaven.

Veldpodzolgronden Hn

Deze kaarteenheden stonden naar de produktie van aardbeien onderaan. Toch kwamen in deze subgroep aardbeipercelen voor die door bepaalde, min of meer van het geheel afwijkende extra gunstige eigenschappen van het profiel of door extra goede zorgen nog tot behoorlijke produkties kwamen. Daardoor kwam de samenhang van de opbrengst met het leem- en het humusgehalte van de bouwvoor minder duidelijk tot uiting dan tevoren werd verwacht. Een geringe opbrengststijging werd waargenomen bij een hoger leemgehalte van de bouwvoor; een humusgehalte van 4,5 % in de bouwvoor was voor een goede produktie gewenst. De opbrengst was lager op percelen met een lage grondwaterstand in maart ($r = -0,16$); een grondwaterstand van circa 20 cm onder maaiveld in maart gaf bij schatting gemiddeld de hoogste opbrengst. De variatie in grondwaterstanden in juli was tamelijk beperkt. De aardbeienteelt kwam op percelen met zeer lage grondwaterstanden in de zomer niet voor (meer dan 2,2 m onder maaiveld). De hoogste zomerwaterstand was het gunstigst.

Voor het bepalen van het produktievermogen van aardbeien op de ontworpen kaarteenheden, zoals deze worden weergegeven op de Bodemkaart van Nederland 1:50.000, zou een verdere verfijning verkregen worden, als men vooral in de klasse 23 een verdere differentiatie invoerde naar leemhoudendheid van de bouwvoor en in de meeste gevallen ook rekening hield bij de waardering van de grond met het humusgehalte van de bouwvoor. Bij de indeling der grondwatertrappen kwam Gt III betrekkelijk weinig voor; de indruk bestaat dat een verdere differentiatie van Gt V naar de zomerwaterstand een betere indeling voor de aardbei zou betekenen. Er kwamen in 1955 heel weinig gronden voor met een grondwaterstand boven 120 cm, terwijl het niet uitgesloten wordt geacht, dat er nog duidelijke verschillen in opbrengst kunnen voorkomen bij zomergrondwaterstanden beneden 120 cm.

13.3.2 Verdeling van de nieuwe kaarteenheden over de vroegere bodemtypen

De verdeling van de nieuwe kaarteenheden over de vroegere bodemtypen werd nagegaan. Als werd afgezien van de subindeling naar leemhoudendheid (21 en 23), kwamen de nieuwe kaarteenheden in grote lijnen op alle oude bodemtypen in even grote aantallen voor. Zo werden de zwarte enkeerdgronden zEZ in even grote mate gevormd door de vroegere zandgronden Z als door de leemhoudende zandgronden X. Hetzelfde gold voor de laarpodzolgronden cHn. De veldpodzolgronden Hn echter kwamen in hoofdzaak overeen met de normale zandgronden (bodemtype Z). De beekerdgronden vielen voor het grootste deel onder de leemhoudende zandgronden X, maar ook de bodemtypen Xo en Z kwamen daarin voor. De gooreerdgronden pZn hoorden meest thuis onder bodemtype Z.

Bij rangschikking naar de dikte van het humeuze dek viel een duidelijke volgorde te onderkennen in de nieuwe kaarteenheden. De zwarte enkeerdgronden hadden het dikste humeuze dek, op de voet gevolgd door de laarpodzolgronden. De gooreerdgronden omvatten percelen met een dun tot zeer dun humeus dek.

De oude indeling naar vochtklasse liet zich als volgt binnen de nieuwe kaarteenheden karakteriseren. De geen of weinig leemhoudende, zwarte enkeerdgronden kwamen vooral met een vochtige ligging voor. Dit kan een gevolg zijn van selectie op vochtvoorziening door de tuinders in verband met de geschiktheid van de grond voor de aardbei. De weinig leemhoudende laarpodzolgronden daarentegen vielen in de drogere vochtklassen, wat eveneens het geval was voor de veldpodzolgronden met geen of weinig leem. De leemhoudende beekerdgronden vielen in de natte vochtklassen.

Samenvattend kan worden gezegd, dat de nieuwe indeling het duidelijkst een verband toonde met de oude indeling als de dikte van het humeuze dek in beschouwing werd genomen. Ook de hoogteligging, zoals weergegeven door de indeling naar vochtklassen, vond in sommige kaarteenheden een weerspiegeling.

13.4 Produktievermogen van de grond en indeling naar kaarteenheden en bodemtypen

De proefplekken op gezonde of vrij gezonde percelen werden ingedeeld naar kaarteenheden en naar bodemtypen. Nagegaan werd hoe de variatie in opbrengst door deze twee indelingen werd gereduceerd. Bij de eerste indeling werden de volgende criteria gebruikt: subgroepen, leemhoudendheid en grondwatertrappen, en voor de tweede: grofheid en leemhoudendheid van het zand, vochtklasse en dikte van het humusdek. In het eerste geval gaf de indeling naar subgroepen een statistisch betrouwbare onderscheiding in produktieniveau, in het tweede geval was de produktie per plant in 1955 wiskundig betrouwbaar afhankelijk van bodemtype en vochtklasse. De variantie in opbrengst werd echter bij beschouwing van de ene indeling met hoofd-

effecten en interacties niet veel beter 'verklaard' dan bij de andere. Bij de kaartenheden werd 24,7 % van de variantie in opbrengst verklaard en door de indeling naar bodemtypen volgens VAN LIERE 28,6 %. Door een verdere indeling van de subgroepen zullen ongetwijfeld de geconstateerde opbrengstverschillen beter kunnen worden gerangschikt.

14 Nabeschuwing over de resultaten van de proefplekkenmethode bij een meerjarig tuinbouwgewas, de aardbei

14.1 Beschouwing over de bewerking

Bij de bewerking van het verzamelde materiaal zijn wiskundige methoden gebruikt, waarbij de ene werd gebruikt als voorbereiding voor het verdere onderzoek van het materiaal met een volgende bewerking.

Een eerste inzicht in het verzamelde materiaal werd verkregen via de frequentieverdeling van de factoren. Bij het uitzoeken van de proefplekken was er naar gestreefd, lage en hoge waarden in voldoende mate in handen te krijgen. De frequentieverdelingen bevestigden in het algemeen, dat de onderzochte factoren een voldoende variatie vertoonden om een invloed op de opbrengst te kunnen vaststellen. Matig tot ernstige ziektegevallen voor virus en *Verticillium* kwamen echter te weinig voor om een duidelijke samenhang met de opbrengst te kunnen vaststellen. Deze bewerking werd tevens gebruikt om te sterk afwijkende, niet tot de verdeling behorende waarden uit het materiaal te verwijderen. Gegevens van proefplekken met een laag met een humusgehalte boven 10% in de ondergrond werden verwijderd. Verder werden eveneens gronden met een al te hoog humus- en leemgehalte en een extreem gehalte aan magnesium in de bouwvoor buiten de berekeningen gehouden. Dit was ook het geval voor enkele proefplekken waar uitzonderlijk zwaar was bemest, omdat hier werd betwijfeld of de betreffende opgaven van de enquête wel juist waren en daarom ook twijfel rees over de waarde van de overige enquêtegegevens van deze telers.

De tweede bewerking bestond uit het via de elektronische rekenmachine vervaardigen van tweedimensionale frequentietabellen, waarin waarnemingen aan het gewas (o.a. de opbrengst) werden uitgezet tegen ziekten, discontinue variabelen en bodemfactoren. Omdat het optreden van ziekten de samenhang tussen opbrengst van het gewas en bodemfactoren ernstig kan verstoren, werd eerst nagegaan in hoeverre het gewas (gemeten aan stand en opbrengst) een nadelige invloed ondervonden had van het optreden van ziekten. Bij ernstig optreden van ziekten bleek er een duidelijke achteruitgang te zijn in de ontwikkeling van het gewas. Daar dergelijke gevallen bij spint, virus of *Verticillium* maar vrij sporadisch voorkwamen, werden ze bij de bestudering van de relaties van opbrengst met bodemfactoren weggelaten. Dit werd eveneens gedaan voor de ernstige gevallen van aaltjesaantasting, ook al moest hierdoor een nogal groot aantal proefplekken buiten beschouwing worden gelaten. Meeldauw kwam dermate verspreid voor dat het niet mogelijk was om alleen de ernstige gevallen af te splitsen. Daarom werd de opbrengst gecorrigeerd op het optreden van meeldauw alvorens de invloed van de bodemfactoren werd bestudeerd.

Het voornaamste doel van het maken van de tweedimensionale frequentietabellen was het toetsen van de relaties tussen de op meeldauw gecorrigeerde opbrengst en bodemfactoren op rechtlijnigheid. Het bleek voor P-citr en vochtcapaciteit wenselijk een logaritmische transformatie toe te passen voordat kon worden overgegaan tot de correlatieberekening. De uitgebreidheid van het materiaal liet niet toe na te gaan of de relaties tussen de bodemfactoren onderling kromlijng waren.

De invloed van de discontinue factoren werd bepaald door de opbrengst tegen klassen van deze variabelen uit te zetten. Bij duidelijk verschil in opbrengst zou het noodzakelijk zijn eerst op deze discontinue variabelen te corrigeren alvorens verder te gaan. Ofschoon er duidelijke aanwijzingen van invloed van discontinue factoren waren, bleek correctie niet mogelijk te zijn.

De mate van samenhang tussen de factoren werd in eerste instantie vastgesteld door de berekening van de produktmoment-correlatiecoëfficiënten. Kromlijnige verbanden worden hierbij onderschat. Factoren welke volgens de tweedimensionale tabellen met de opbrengst geen samenhang vertoonden werden buiten de berekening gelaten. Evenzo werd van nauw verwante factoren er slechts één in de berekening opgenomen. Zo werden van de schattingen voor de grofkorreligheid van het zand slechts bepaalde profiellagen genomen, de diepte van 30-40 cm, 70-80 cm en 110-120 cm. Bij de waarnemingen aan het gewas werden ook diverse waarnemingen niet opgenomen, zoals de schatting voor de verzorging in juni en die voor ziekten in juli. Door deze voorafgaande bewerkingen was het mogelijk, het aantal factoren voor de correlatieberekening terug te brengen van 84 tot 70. De belangrijkste factoren staan in bijlage 1 gerangschikt. De correlatiecoëfficiënten tussen de waarnemingen aan het gewas en de bodemfactoren waren over het algemeen laag, de hoogste correlatiecoëfficiënt voor de opbrengst was 0,25. Het verband tussen opbrengsten en ziekten was duidelijker, de hoogste correlatiecoëfficiënt was 0,36. Dit betekende dat slechts een vrij matige verklaring van de produktieverschillen tussen de proefplekken was te verwachten. Een mogelijke verbetering werd gezocht door het invoeren van een studie van de wisselwerkingen tussen de factoren; dit leidde uiteindelijk tot het splitsen van het materiaal in twee groepen van bodemtypen. Het tezamen voorkomen van bepaalde bodemfactoren in de bodemtypen brachten produktieverschillen te weeg, welke niet door de bodemfactoren afzonderlijk bij de hier uitgevoerde wijze van profielbeschrijving en codering waren te verklaren.

Ondanks de gevonden lage correlatiecoëfficiënten werd de bewerking van het materiaal voortgezet. Hierbij werd verondersteld, dat de geringe betrouwbaarheid van de samenhang van de opbrengst met de onderzochte bodemfactoren toe te schrijven was aan het grote deel in de variantie dat door deze factoren tezamen niet verklaard kon worden. Een voorbeeld dat de opbrengst ook door andere factoren dan de in het gehele materiaal onderzochte beïnvloed wordt, was de betekenis van het kopergehalte van de grond voor de opbrengst. Dit werd in een deel van het materiaal aangetoond. De berekende restvariantie is dus niet uitsluitend samengesteld uit de variabiliteit veroorzaakt door verschillen in de genetische samenstelling van het gewas en kleine milieuverschillen ter plaatse, welke normaliter op een proefveld de

variantie in de opbrengst veroorzaken. Er moet worden geconcludeerd, dat bepaalde factoren welke nog belangrijke opbrengstverschillen teweeg hebben gebracht, niet zijn waargenomen. De statistische zekerheid, waarbij een onbetrouwbaarheidsdrempel van $P = 0,05$ wordt geëist, moet als te hoog worden beschouwd, omdat niet tegen de 'echte' toevalsvariantie wordt getoetst. Ook vele andere onderzoekers zijn tot de conclusie gekomen, dat voor biologisch materiaal wijdere maatstaven gebruikt mogen en moeten worden voordat men de nulhypothese (geen effect) aanvaardt. In de navolgende bewerkingen werden daarom dan ook ruime maatstaven gehanteerd, waarbij er wel scherp op werd gelet, dat de gevonden verbanden, hoe zwak soms ook uit het oogpunt van de kritische statisticus overeenkwamen met het algemene inzicht in de werking van de beschouwde factoren.

Een van de doeleinden van het onderzoek was de verbetering van het bemestingsadvies. Dit betekent dat de reactie van de opbrengst op de toediening van een bepaalde meststof voorspeld moet worden. De correlatiecoëfficiënt is een maat voor de lineaire samenhang tussen twee factoren. Hij geeft niet weer, in welke mate een verandering van de bodemfactor samengaat met een produktiestijging. De regressieberekening geeft wel een dergelijke produktiewijziging weer. Zij was daarom de volgende stap in de bewerkingen.

Alvorens hiertoe over te gaan werd door middel van groeppenanalyse en aspectenanalyse onderzoek verricht naar complexen van samenhangende factoren. Het resultaat hiervan geeft een basis voor de keuze van de factoren, die in de verdere bewerking zullen worden opgenomen. Hierbij moet steeds worden afgewogen, of in een onderscheiden complex van onderling samenhangende factoren de factor, die de hoogste correlatie met de opbrengst vertoont wel het meest voor de keuze in aanmerking komt. De beoordeling hiervan berust op kennis van landbouwscheikunde en op kennis van de eigenschappen van het gewas. Het bleek uit de groeppenanalyse, dat de opbrengst sterk door ziekten beïnvloed werd die met bodemfactoren geen correlatie van betekenis vertoonden. Voorts waren er twee grote groepen van onderling samenhangende bodemfactoren aanwezig die enerzijds duiden op het vochthoudend vermogen van de grond en de vochtvoorziening van het gewas en anderzijds op het adsorptievermogen van de grond met ook de daaraan verbonden vochthoudendheid van de bodem. De waarnemingen aan het gewas vertoonden ook onderling hoge correlatiecoëfficiënten. Het aanwezig zijn van groepen van samenhangende bodemfactoren wijst er op, dat het niet mogelijk is gebleken de proefplekken zodanig aan te leggen dat de bodemfactoren 'ontkoppeld' werden en de invloed van deze op de opbrengst 'eenvoudig' was vast te stellen. Zo vertoonden de gronden met veel grof zand in de bouwvoor lagere humusgehalten (r tussen fractie $> 90 \mu$ en N-totaal = $-0,35$), terwijl het vochtgehalte in de bouwvoor tijdens de pluk laag was op de grofzandige gronden en hoger op de humus- en leemhoudende. In dergelijke gevallen moest afgewogen worden, of bepaalde factoren binnen een groep elk op zijn eigen wijze de opbrengst beïnvloed zouden hebben. Er kon dan niet worden volstaan met slechts één factor per groep te nemen.

De uitwerking volgens de aspectenanalyse leidde slechts tot drie aspecten, n.l.

voor de waarnemingen aan het gewas, voor die van het adsorptievermogen van de grond en voor die van de vochtvoorziening. Deze drie aspecten bevatten 75 % van de variantie in de opbrengst, maar bepaalden zelf slechts 29 % van de variantie van het gehele materiaal. Bij geheel 'ontkoppeld' materiaal zouden er, wat de bodem betreft, evenveel aspecten als bodemfactoren geweest zijn, zodat een verdere bodemvruchtbaarheidsanalyse wat de opbrengst van de aardbei betreft geen wiskundige complicaties met zich had meegebracht. Assendraaiing gaf bij dit geringe aantal aspecten maar beperkte mogelijkheden de factoren tot scherp van elkaar te onderscheiden groepen terug te brengen. De bijna rechte hoeken in het assenstelsel na scheve draaiing wezen erop, dat de waarnemingen aan het gewas geen hoge correlaties vertoonden met de overige waarnemingen over de eigenschappen van de bodem. De aspectenanalyse werd niet geheel uitgewerkt, omdat ze alleen gebruikt werd om de belangrijkste complexen van factoren aan te wijzen. In de rest-correlatiematrix werden de overgebleven correlatiecoëfficiënten nog beoordeeld op het voorkomen van enkele complexen die voor de keuze van de factoren in de verdere analyse van belang zouden zijn.

In de uiteindelijke verwerking van het materiaal werd de invloed van de bodemfactoren op de opbrengst en andere waarnemingen van het gewas bestudeerd. Daartoe werd een werkmodel gebruikt, waarbij de invloed van een factor alleen rechtstreeks op de opbrengst wordt verondersteld te werken zonder beïnvloeding van de andere factoren. Ook werd voor een onderdeel een model toegepast, waarin tevens de indirecte invloed van factoren op de opbrengst via wijziging van andere bodemfactoren in de berekening werd opgenomen. De voorgaande bewerkingen hebben de factoren aangewezen welke de opbrengst het sterkst beïnvloed hebben. Bij de definitieve selectie van de factoren prevaleerde landbouwscheikundige kennis boven statistische betrouwbaarheid.

Tot de regressiemethodiek behoort de polyfactoranalyse, beschreven door VISSER (1949) en FERRARI (1952). Ze heeft de bedoeling een voor de praktijk bruikbaar idee te geven over de maximaal te verkrijgen opbrengst bij de optimale voedingstoestand. Ook in ons materiaal bleek deze doelstelling in principe bereikbaar. Een kromlijnige aanpassing aan de stippenzwerm is uiteraard ook mogelijk via de numeriek-grafische methode, zij werd op een deel van het materiaal ook toegepast. De polyfactoranalyse bleek ook hier in haar praktische toepassing verscheidene interacties aan te tonen. Bovendien kwamen tijdens de grafische bewerking bepaalde zwak aanwezige verbanden naar voren, die op grond van kennis van ander materiaal toch als reëel werden beschouwd.

Is echter over de samenhang met de eigenschappen van het gewas weinig bekend, dan geeft een rechtlijnige verwerking reeds de eerste bruikbare aanwijzingen. Dit was hier onder meer het geval voor de kwaliteit van het geoogste produkt en de vroegheid en snelheid van de oogst.

De voor materiaal met indirecte beïnvloeding berekende regressievergelijking heeft maar een beperkte geldigheid. Een gedegen kennis van de in de grond plaatsvindende mechanismen is vereist om een verantwoord model op te stellen voor de

invloed, die de bodemfactoren rechtstreeks op de opbrengst van het gewas uitoefenen, maar ook indirect door wijziging van andere bodemfactoren. Op een onderdeel van het gegeven materiaal werd hiervoor de padcoëfficiëntenmethode beproefd met het interessante resultaat, dat het leemgehalte van de grond op de opbrengst van de aardbei een ongunstige invloed uitoefende als het gunstige effect ervan via de vochtvoorziening en het tegengaan van windschade door verstuuving in rekening was gebracht. De gevonden ongunstige werking werd (op landbouwscheikundige motieven) toegeschreven aan een verslemping van de grond bij hoog leemgehalte.

14.2 Moeilijkheden bij de toepassing van de proefplekkenmethode bij meerjarige tuinbouwgewassen

Als men de grote opbrengstverschillen der proefplekken ziet (laagste opbrengst 0,3 hg per plant, hoogste 5,0 hg) wekt het verwondering en teleurstelling, dat het maar voor een betrekkelijk klein deel (36-46 %) gelukt is de variantie in opbrengst door middel van de polyfactoranalyse te verklaren. Bovendien was de invloed van de in beschouwing genomen factoren daarbij slechts voor een deel statistisch betrouwbaar van nul afwijkend. Nu is in het statistische model getoetst tegen het niet verklaarde deel van de variantie (restvariantie) en niet tegen de 'toevalsvariantie'. Deze laatste is te schatten uit de verschillen in opbrengst tussen de herhalingen op de bemestingsveldjes. De voor 1955 en 1956 gevonden variabiliteitscoëfficiënten ($= S(\sigma)/\text{gemiddelde} \times 100\%$) bedroegen 10 en 14 %. De grotere restvariantie in de polyfactoranalyse ($S(\sigma)/m\%$ was 31 %) wijst erop dat factoren die oorzaak zijn van de verschillen in opbrengst tussen de proefplekken niet zijn onderkend of niet nauwkeurig genoeg zijn vastgelegd.

Men kan hierbij denken aan:

- a. de toestand van het uitgangsmateriaal en milieufactoren in het eerste groeijaar;
- b. de verzorging;
- c. de bodemfactoren.

a. De *voorgeschiedenis* die ieder meerjarig gewas heeft vergroot de variabiliteit van de produktie. Het was in het proefplekkenonderzoek niet bekend, hoe de kwaliteit was van het plantmateriaal qua vruchtbaarheid van de kloon, gezondheids- en voedings-toestand. De van vermeerderingsbedrijven afkomstige aardbeiplanten zullen goed vruchtbaar en gezond zijn geweest. Volgens onderzoeken van BOULD (1960) en DELVER (1951) kunnen tijdens het opkweken goed gevoede planten op arme grond nog een redelijke opbrengst geven. Een deel van de te verwachten verschillen in opbrengst wegens variaties in de bodemvruchtbaarheid kan hierdoor worden genivelleerd, waardoor weliswaar de totale variantie afneemt maar de restvariantie relatief wordt vergroot.

Belangrijk is, dat de planten na het poten goed aanslaan. Dit wordt onder meer

bepaald door het uitplanten van de aardbeiplanten op de juiste diepte. Dit luistert nauw. Het tijdstip van uitplanten wordt bepaald door de vochtigheidstoestand van het perceel. Leemhoudende gronden of gronden met hoge grondwaterstand zijn later aan de beurt. Dit houdt in, dat niet alle planten van de proefplekken de eerste weken onder dezelfde weersomstandigheden zijn opgegroeid. Het is uit andere onderzoeken bekend, dat een proefplekkenonderzoek beter slaagt als uniform plantmateriaal wordt gebruikt en uitgepoot wordt door dezelfde personen. De opzet van het onderzoek met eenjarige *Jucunda* met enquêtegegevens over de herkomst van het materiaal blijkt achteraf onvoldoende om de variabiliteit door bovengenoemde factoren veroorzaakt in een maat vast te leggen. Het in 1955 genoteerde percentage uitval zal gedeeltelijk op verschillen in kwaliteit van het plantmateriaal en op het wel of niet goed aanslaan van de planten teruggevoerd kunnen worden.

Na het uitplanten is de verzorging in het eerste groeijaar van groot belang: bestrijding van ziekten, onkruidbestrijding, grondbewerking, enz. Waarschijnlijk is deze verzorging niet intensief genoeg gebeurd, in tegenstelling met het tweede jaar, waarin ze met het oog op de te verwachten oogst aanmerkelijk beter werd. Tijdens de studie te velde is wel gebleken, dat de gezondheidstoestand van het gewas en de verzorging van het perceel een grote invloed hebben op de opbrengst. Zo vertoonde goed selectiemateriaal op een zeer luw gelegen, pas ontgonnen terrein van matige bodemgesteldheid (gebleken bij de beoordeling van het profiel) een zeer goede stand. Daarentegen werden op een goed humushoudende, zwak leemhoudende grond aardbeien met een zeer slechte stand aangetroffen. Dit werd toegeschreven aan het gebruik van met aaltjes besmet materiaal en aan een slechte verzorging van het perceel.

b. Onder *verzorging* moet een complex van maatregelen worden verstaan: bestrijding van ziekten, onkruidbestrijding, bewerking van de grond, bemesting, enz. De correlaties zijn moeilijk te doorbreken; bij een goede tuinder zijn over het algemeen alle cultuurmaatregelen beter dan gemiddeld, bij een slechte geldt het tegenovergestelde. De mate van verzorging is moeilijk in een goed gedifferentieerde schaal aan te geven.

Voor een meerjarig gewas zouden periodieke waarnemingen moeten worden verricht om een goed idee te krijgen over de juiste verzorging. Uitgaande van een bepaald aantal percelen zal men, bij handhaving van een zekere verzorgingsgraad als criterium, er steeds meer zien afvallen. Door het optreden van ziekten die te laat zijn onderkend of waartegen onvoldoende bestrijdingsmogelijkheden bestaan, zal een terugslag in het gewas kunnen ontstaan, die de proefplek ongeschikt maakt. Men kan stellen dat het op deze wijze zeer moeilijk zal zijn een voldoende aantal proefplekken te handhaven.

Bij een meerjarig gewas is het niet gemakkelijk vast te stellen, of een op het oog gezond gewas enige jaren tevoren aan een ziekte heeft geleden en of de daardoor ontstane achterstand wel geheel is ingehaald. Deze proefplek zal een slechtere stand van het gewas vertonen dan aan de hand van de bodemomstandigheden was te verwachten.

Hetzelfde geldt voor verandering in verzorging door wisseling van bezitter, verandering in waterbeheersing van de polder, enz.

Men zou de proefplekken alleen kunnen aanleggen op percelen, waar de verzorging weinig te wensen overlaat. Een dergelijke opzet werd door SIEBEN, SMITS en VISSER (1955) uitgevoerd. Een bezwaar is, dat extreme toestanden bij de selectie zullen worden verwijderd. Vooral voor de teelt van tuinbouwgewassen zullen dergelijke afwijkingen niet spoedig worden aanvaard maar worden toegeschreven aan de laksheid van de tuinder die geen maatregelen heeft genomen.

Een andere aanpak is de 'slechte-plekkenmethode' (DE BAKKER, 1950). In boomgaarden werden plekken waar bomen duidelijk in groei waren achtergebleven nader geanalyseerd en afwijkingen in het profiel en de waterhuishouding als mogelijke oorzaken aangewezen. Een voordeel van deze methode is, dat de verzorging in grote lijnen gelijk is (geen storende factor bij de vergelijking tussen goed en slecht). Een nadeel is, dat het profiel meestal in verschillende factoren afwijkt. Bovendien zal de tuinder meestal toch extra zorg aan de slechte plekken hebben besteed, o.a. door zwaardere bemesting. Ook kunnen de gehalten aan voedingsstoffen in de grond door slechtere opneming door het gewas of door ondoorlatendheid voor water hoger zijn opgelopen.

c. Het niet opnemen van (*bodem*)factoren of combinaties daarvan ter bepaling van interacties in de polyfactoranalyse kan een grotere 'restvariantie' tot gevolg hebben. Zo volgt uit de gunstige invloed van bespuiting met kopersulfaat op de opbrengst in afhankelijkheid van het kopergehalte van de grond dat de bepaling van dit gehalte in het gehele proefplekkenmateriaal had moeten worden opgenomen.

De factoren zijn soms onvoldoende nauwkeurig vastgelegd. Reeds werd gewezen op de moeilijkheid de invloed van het profiel goed te analyseren naar de belangrijke factoren en deze voldoende nauwkeurig te coderen. Een indruk van de vochthuishouding in het profiel werd verkregen door bepaling van de diepte van de grondwaterstand in winter en zomer. Het verschil tussen beide geeft de daling van de grondwaterstand in de voorzomer. De op twee momenten waargenomen grondwaterstanden zullen de waterbeweging in het profiel, over het gehele jaar gezien, echter onvoldoende beschrijven. Het is een momentopname met alle tekortkomingen daarvan. Bij de hoge grondwaterstand in maart was het bovendien soms moeilijk onderscheid te maken tussen de grondwaterstand en de schijnspiegel boven een verdichte laag in het profiel. Ongetwijfeld heeft de plant dit als een storende factor ondervonden en was het luchtgehalte in de bodem daardoor beperkt. De diepte van de schijnspiegel werd daarom als diepte van de grondwaterstand beschouwd, hoewel niet was na te gaan, hoe lang de schijnspiegel aanwezig was. Door periodieke waarnemingen over de daling van de grondwaterstand in het voorjaar zou een betere maat verkregen zijn voor de hoeveelheid water, die van het freatisch niveau naar de wortels van de aardbei kan zijn aangevoerd. In fijnzandige ondergronden zal de capillaire opstijging daarbij langer voor het gewas van betekenis zijn dan in grofzandige.

Voor meerjarige gewassen komt daarbij de vraag, of een bepaalde factor in het eerste jaar een even gunstige invloed uitoefent als in het tweede. Men kan zich voor de aardbei voorstellen, dat in het plantjaar een hogere grondwaterstand gewenst is dan in het tweede jaar, omdat het wortelstelsel aanvankelijk nog maar matig ontwikkeld is. Zo heeft VISSER (1952) gevonden, dat jonge pruimebomen gunstiger reageren op een naar verhouding hogere grondwaterstand, terwijl bij het ouder worden van de bomen een lagere waterstand optimaal is.

Tijdens de bewerking van het materiaal werd de indruk verkregen, dat de poging de bodemtypen goed te beschrijven en te ontleden in aparte factoren slechts ten dele was geslaagd. Vooral de leemhoudende gronden waren moeilijk exact te beschrijven. De lage correlatiecoëfficiënten voor de samenhang tussen de eigenschappen van het gewas en die van het profiel vormen daarvoor een aanwijzing. Deze indruk werd versterkt bij de berekening van het vochtbergende vermogen van het profiel tot 75 cm diepte. De invloed van de grondwaterstand gedurende de zomermaanden op de opbrengst werd bestudeerd in afhankelijkheid van het vochtbergende vermogen. Deze laatste factor werd gezien als de belangrijke schakel voor de overbrugging van de verschillen in profiel van grove en fijne zandgronden ten opzichte van de leemhoudende. Toch kon de wisselwerking tussen grondwaterstand en vochthoudend vermogen slechts een gering deel in de variantie van de opbrengst 'verklaren'. Bovendien werden nog meer interacties verondersteld tussen leemhoudendheid en andere factoren van het profiel, o.a. dat de humus van grove zandgronden een grotere invloed zou kunnen uitoefenen op de opbrengst dan die van leemhoudende gronden, dat het pH-optimum eveneens zou verschillen, enz.

14.3 Resultaten ten aanzien van de verbetering van het bemestingsadvies en uitvoering van cultuurmaatregelen

De vraag kan worden gesteld, wat het proefplekkenonderzoek voor het advies in de praktijk heeft opgeleverd. Door dit onderzoek zijn praktijkervaringen voor het bemestingsadvies nader gepreciseerd en kunnen uitspraken gedaan worden over het voor de aardbei optimale milieu. Het resultaat was in het bijzonder instructief voor het effect van de volgende factoren.

Door ziekten werd de opbrengst aanmerkelijk verlaagd. De praktijk kende reeds de ernstige schade door aaltjes. Het schadelijk effect van meeldauw was echter groter dan men vermoedde. Het veelvuldig voorkomen wijst op een onderschatting van het gevaar of op een onvoldoende werkzaamheid van de ziektebestrijding.

De schadelijke invloed van wind kwam, ondanks de oppervlakkige waarneming duidelijk naar voren. Het was wel bekend, dat de aardbei gevoelig is voor wind (VAN RHEE, 1959). Het onderzoek legt de nadruk op het feit dat wind ook in zandgebieden vrij ver van de kust een nadelige factor is, die niet mag worden onderschat. Zowel de bescherming van het landschap door meer windhagen in de vorm van bomen, als

de bedekking van de bodem bij kritiek verstuiwingsgevaar zullen in beschouwing genomen moeten worden.

Het gunstige effect van *stalmest* kwam nog duidelijker uit dan werd verwacht. De literatuur wijst ook op de gunstige reactie van de aardbei op organische bemesting.

De *kopervoorziening* is in dit onderzoek als een geheel nieuwe factor naar voren gekomen, nu gebleken is, dat ze op een aanzienlijk deel van de percelen onvoldoende was. Er kon worden vastgesteld, welk kopergehalte van de grond als gewenst moet worden beschouwd.

Over het effect van bemesting met *magnesium* was weinig bekend. Dit was ook aanleiding tot het onderzoek. Men vroeg zich af, hoe hoog het magnesiumgehalte van de grond moet zijn om een goede groei van de aardbei te waarborgen. Wegens het veelvuldige optreden van magnesiumgebrek in allerlei gewassen op zandgrond, waaronder ook meerjarige zoals de appel, werden de adviesnormen voor magnesiumbemesting verhoogd. De aardbei vertoonde echter geen of slechts sporadisch symptomen van magnesiumgebrek. Er heerste onzekerheid, of waargenomen vroege verkleuringen van het blad in de herfst latent magnesiumgebrek aanduiden. In het onderzoek kwam echter geen duidelijke reactie op toediening van magnesium door middel van bespuiting naar voren, al was het door middel van extractie met 0,5 n NaCl-oplossing bepaalde gehalte aan uitwisselbare magnesium voor sommige percelen uiterst laag. Er was slechts een zeer zwak verband tussen opbrengstniveau en analysecijfers voor magnesium. Enige klassen van gewenst magnesiumgehalte in afhankelijkheid van het kaliniveau van de grond werden aangegeven. Deze indeling berust echter op een slechts zwak aanwezige wisselwerking tussen magnesium en kalium.

Afgezien van de resultaten verkregen met de hiervoor genoemde factoren, blijft de vraag, wat het proefplekkenonderzoek opgeleverd heeft ten opzichte van het inzicht in de eisen die de aardbei stelt aan de grond en ten opzichte van de verbetering van het bemestingsadvies.

In overeenstemming met de literatuur blijkt de aardbei hogere eisen te stellen aan de vochtvoorziening van het profiel dan aan de chemische rijkdom van de grond. Hierdoor kwam ook het bodemtype als belangrijk naar voren en moest onderscheid gemaakt worden tussen niet en wel leemhoudende gronden. De aardbei verlangt in het voorjaar tot bloei en oogst een hoog vochtgehalte. Vandaar dat een hoge grondwaterstand in het voorjaar en een hoog gehalte aan vocht in de bouwvoor gewenste factoren zijn voor een goede opbrengst. Volgens de literatuur is de aardbei gevoelig voor een slechte structuur van de grond. In het onderzochte gebied komt een slechte structuur voor op de leemhoudende zandgronden in de vorm van verslemping. Het resultaat van de bewerking van het cijfermateriaal volgens de padcoëfficiënten wees er inderdaad op, dat deze verslemping voor de aardbei ongunstig was.

Wat de chemische rijkdom van de grond betreft gingen er tijdens het onderzoek stemmen op, die beweerden dat de aardbei een hogere pH eiste dan gewoonlijk in het tuinbouwgebied Zundert voorkomt. Deze mening werd echter door het onderzoek

niet bevestigd. De gevonden optima, een pH-KCl van 4,4 op zandgrond en van 4,2 op leemhoudende zandgrond lagen aan de benedengrens van het toen optimaal geachte pH-KCl-traject van 4,3-4,8.

Het fosfaatgehalte van de grond werd als goed beoordeeld bij een P-getal van 9 en een P-citr van 80. Een matige fosfaatgift van 100-150 kg superfosfaat per ha werd daarbij nodig geacht. De polyfactoranalyse gaf voor P-citr een optimum bij 55-60. Literatuurgegevens en het uitblijven van reactie op de serie-bemestingsproefveldjes doen vermoeden, dat ook dit optimum aan de hoge kant is. In elk geval zou op basis van de resultaten van het proefplekkenonderzoek met een minder hoge fosfaatbemesting volstaan kunnen worden.

De geringe samenhang van de opbrengst met het kaligehalte van de grond wijst erop, dat een ernstig kalitekort niet of weinig voorkomt. Ook de literatuur wijst niet in de richting van een grote kalibehoeft, al kunnen op zeer kaliarme of op kali-fixerende gronden duidelijke gebreksverschijnselen optreden. De in het proefplekkenonderzoek gevonden optima voor K-HCl liggen van 0,008 % K_2O op de lichte, weinig magnesiumhoudende zandgronden tot 0,020 % K_2O op de leemhoudende zandgronden met veel magnesium. In vergelijking met deze resultaten was het bemestingsadvies voor de aardbei veel te hoog. Men baseerde zich hierbij op een 'gecorrigeerd' K-HCl, namelijk het produkt van het humusgehalte en het K-getal voor zandgrond. Een goed kaligehalte zou aanwezig zijn bij een produkt van 200, waarbij een bemesting van 800 kg patentkali per ha nodig zou zijn. Dit zou bij een humusgehalte van 4,1 % - het gemiddelde van de proefplekkengegevens - een K-HCl betekenen van 0,023 % K_2O , een waarde welke volgens het proefplekkenonderzoek alleen op de zeer leemhoudende gronden gewenst voorkwam. Het materiaal van de proefplekkenmethode duidde erop, dat het bemestingsadvies te hoog lag en op de lichte zandgronden en de weinig leemhoudende werd zelfs een schadelijke overmaat aan kali geconstateerd, hetgeen vermoedelijk een gevolg was van zoutschade aan de wortels.

Voor het magnesiumbemestingsadvies werden de normen voor akkerbouwland aangehouden. Dit betekende voor gronden met 4,1 % humus, dat waarden lager dan 28 d.p.m. MgO- NaCl als 'laag' werden gewaardeerd en een bemesting met 200-300 kg kieseriet per ha noodzakelijk was. Een gehalte van 28 tot 36 d.p.m. werd als matig beschouwd met een bemesting van 200 kg kieseriet als noodzakelijke aanvulling. Geen magnesiumbemesting werd geadviseerd bij gehalten boven 52 d.p.m. Zoals reeds vermeld, werd noch in het proefplekkenmateriaal, noch in de bespuitingsproeven met magnesiumsulfaat een duidelijk gunstige reactie op een hoog magnesiumniveau of - toediening aangetoond.

Men krijgt dus de indruk, dat bij het bemestingsadvies te hoge normen worden gehanteerd, en dat met een lagere bemesting kan worden volstaan. Volgens de resultaten van het proefplekkenonderzoek zouden de volgende criteria bij de normale bemesting gelden om de hoogste opbrengsten te verkrijgen:

op leemhoudende zandgronden:

grondwaterstand in de zomer niet dieper dan 1 meter als de bouwvoor maar weinig van de fractie aan 0-50 μ bezit;

geen grote grondwaterstandsval van winter naar zomer;

humusgehalte van 4,5 %;

dikte van humushoudende bovenlaag van circa 50 cm;

stalmestgift van 450 kg per are;

pH-KCl van 4,2;

P-citr van 60-70;

K-HCl van 0,008 % K_2O op droog gelegen gronden tot meer dan 0,020 % op de vochtig gelegen leemhoudende zandgronden.

op normale zandgronden:

grondwaterstand in maart circa 50 cm onder het maaiveld;

grondwaterstand in de zomer niet dieper dan 120 cm onder het maaiveld;

humusgehalte van 5,5 %;

dikte van humushoudende bovenlaag van 90 cm en meer;

stalmestgift van 600 kg per are;

pH-KCl van 4,4;

P-citr van 60;

K-HCl van 0,008 % K_2O .

In het proefplekkenmateriaal bedroeg de bemesting gemiddeld in het eerste teeltjaar 30 kg N, 30 kg P_2O_5 en 40 kg K_2O per ha, afgezien van de hoeveelheid voedingsstoffen aanwezig in de toegediende stalmest. In het tweede teeltjaar werd 50 kg N, 70 kg P_2O_5 en 110 kg K_2O per ha gegeven.

14.4 Gewenste verbetering in de uitvoering van het proefplekkenonderzoek

Een proefplekkenonderzoek vraagt veel tijd en geld. Men zal zich moeten bezinnen op een versnelling van de uitvoering van het onderzoek. Vooral de mogelijkheid van een verdere mechanische bewerking van de verzamelde gegevens moet nader worden bezien, omdat terreinverkenning en literatuurstudie bezwaarlijk te beperken zijn. Tot nu toe is een volledige mechanische bewerking niet mogelijk gebleken. Via ponskaarten en een elektronische rekenmachine kon reeds in dit materiaal de frequentieverdeling van de factoren opgesteld worden, de relatie van de onafhankelijke variabelen met de opbrengst op rechtlijnigheid worden getoetst, de correlatiematrix berekend en de aspectenanalyse uitgevoerd. De meervoudige, rechtlijnige regressieberekening was eveneens mechanisch goed uitvoerbaar. Maar ook met deze laatste berekening wordt het gestelde doel niet bereikt, te weten het vaststellen van de waarden die de onafhankelijke factoren moeten hebben om de hoogste produktie te verkrijgen. Hier-

voor zou bijv. nodig zijn geweest het invoeren van termen van hogere graad, met als gevolg nieuwe variabelen. Dit zou eveneens bij gebruik van produkttermen voor het onderzoek van interacties het geval kunnen zijn geweest. Een en ander betekende echter een te sterke uitbreiding van het aantal variabelen. Beperking hiervan zou mogelijk geweest zijn door uit te gaan van *a priori* veronderstelde relaties, met bijv. transformatie volgens logaritmen of Mitscherlichfuncties e.d.

De grafische bewerking via de polyfactoranalyse geeft *a posteriori* verbanden aan, die onmiddellijk worden getoetst aan bestaande kennis en inzicht. Deze methode heeft het voordeel, dat men al tastende zijn weg zoekt en het resultaat met inzicht opbouwt. Deze gang van zaken zou via een computer ook verwezenlijkt moeten kunnen worden.

De onderzoeker zal echter bij de mechanische uitwerking betrokken moeten blijven bij iedere stap om eventueel aan te geven welke zwakke relaties toch als reëel moeten worden beschouwd en in het materiaal gehandhaafd moeten blijven. Na het uittikken van tweedimensionale frequentietabellen, of beter nog na het opstellen van grafieken met de afhankelijke variabele tegen een bepaalde factor binnen de grootteklassen van andere onafhankelijke factoren zal de gemiddelde lijn moeten worden vastgesteld om een nieuwe gecorrigeerde afhankelijke variabele te kunnen invoeren.

14.5 Plaats van het proefplekkenonderzoek bij een meerjarig tuinbouwgewas

Het proefplekkenonderzoek wordt wel beschouwd als een 'eenvoudige' en snel tot het doel leidende methode. Een bepaalde streek, waar een gewas in opbrengst achter blijft, wordt 'snel' doorgelicht (afgezien van het tijdrovende bewerkingsproces voor de nadere afwerking en precisering). De ervaringen met het proefplekkenonderzoek bij meerjarige tuinbouwgewassen zijn echter anders.

Men kan de volgende gedachtengang over de plaats van het proefplekkenonderzoek bij een meerjarig tuinbouwgewas ontwikkelen.

a. Het proefplekkenonderzoek is een oriëntatie. Als over een gewas of een streek weinig bekend is (een situatie die in Nederland niet vaak wordt aangetroffen), zou een verkenning via een proefplekkenonderzoek aanwijzingen kunnen geven over de factoren die in tekort of in overmaat aanwezig zijn.

b. Het proefplekkenonderzoek verschaft een nadere informatie over een factor, waarvan praktijk en voorlichtingsdienst vermoeden dat deze de bodemvruchtbaarheid in een bepaald gebied beperkt. Door grond- en gewasonderzoek kan een idee verkregen worden of de betreffende factor in te kleine of te grote hoeveelheden aanwezig is. Men gebruikt daarbij gegevens uit andere gebieden of uit de literatuur als vergelijkingsbasis. Men kan daarbij trachten een relatie te vinden tussen de ont-

wikkeling van het gewas en de resultaten van het grond- en gewasonderzoek.

Door bijv. allereerst bemestingsproeven uit te voeren op gronden met zeer lage gehalten van het betreffende voedingselement en later op gronden, methodisch gerangschikt naar opklimmende hoeveelheden van deze factor (serie proefvelden) kan eerst worden vastgesteld, of de te lage bodemvruchtbaarheid inderdaad aan de beschouwde factor moet worden toegeschreven. Het proefplekkenonderzoek daarna wordt als afsluiting gezien om te bepalen, of de matige bodemvruchtbaarheid inderdaad alleen terug te voeren is op de desbetreffende chemische bodemfactor.

Als het proefplekkenonderzoek tegelijkertijd met eenvoudige scrieproeven wordt uitgevoerd, kan het beoogde doel eerder worden bereikt, hoewel men daarbij de kans loopt tijd en energie te verspillen door het bestuderen van minder belangrijke factoren.

c. Indien in een bepaalde streek de variatie in opbrengst sterk wordt beheerst door één factor, biedt proefplekkenonderzoek de mogelijkheid andere van belang zijnde factoren aan te wijzen, als de eerstgenoemde factor goed is te meten. Een dergelijk onderzoek kan dan verder reiken dan het inzicht van de praktijk, doordat de bodemfactoren 'ontkoppeld' worden.

d. Proefplekkenonderzoek kan bepalen in hoeverre in een bepaald gebied de verschillen in bodemvruchtbaarheid geheel zijn te verklaren aan de hand van reeds door onderzoek bekende bodemvruchtbaarheidsfactoren. Dit is het geval als de restvariantie in het proefplekkenmateriaal van dezelfde orde van grootte is als de variantie van de opbrengstbepalingen van plekken op een homogene akker (althans afgezien van storingen door weersinvloeden, ziekten, etc.)

Proefplekkenonderzoek heeft als streekverkenning steeds betekenis. De streek wordt intensief verkend en de eigenschappen van het gewas worden zorgvuldig bestudeerd. De onderzoeker leeft op intense wijze mee met het wel en wee van het gewas. Door het inbrengen van kennis van elders is het mogelijk, van invloed zijnde factoren, die ter plaatse door 'gewoonte' over het hoofd zijn gezien, te onderkennen. Dit was hier het geval bij de kopervoorziening.

15 Conclusies

Ten aanzien van de tweeledige algemene doelstelling van het proefplekkenonderzoek, te weten:

- a. het wetenschappelijk facet: de uitvoerbaarheid van de proefplekkenmethode bij een meerjarig tuinbouwgewas;
- b. het praktisch facet: het verzamelen van meer kennis over de eisen van het gewas om de teelt ervan door een aangepaste bemesting te verbeteren,

leiden de resultaten van het uitgevoerde proefplekkenonderzoek bij tweejarige aardbei op zandgrond in de gemeente Zundert, in overeenstemming met het reeds eerder verrichte onderzoek aan appel, druif en in zekere mate ook met dat aan tomaat (VAN DER BOON, 1952-1961) tot de volgende conclusies:

ad a. Een proefplekkenonderzoek bij een meerjarig tuinbouwgewas heeft in de hier gepresenteerde vorm slechts een beperkte kans van slagen door het grote aantal factoren, dat het gewas tevoren heeft beïnvloed en op het gewas heeft ingewerkt tijdens het onderzoek. Hoewel de verschillen in opbrengst tussen de proefplekken groot waren, bleek slechts een klein deel ervan statistisch betrouwbaar aan de invloed van bepaalde factoren toegeschreven te kunnen worden. Dit zijn in het algemeen die factoren, die een grote invloed op de ontwikkeling van het gewas hebben uitgeoefend. Hoewel het kwantificeren van deze invloeden wel van belang is (zie onder b), geeft het proefplekkenonderzoek nauwelijks een dieper inzicht in de bodemvruchtbaarheidsverschillen in de betreffende streek, omdat de werking van deze factoren in grote lijnen vooraf meestal al wel bekend is. De invloed van de overige factoren, waarover juist meer inlichtingen gewenst zijn, bleek niet duidelijk te kunnen worden aangetoond. Alleen indien het effect van een werkelijk belangrijke factor niet is onderkend, kan deze door de proefplekkenmethode naar voren komen. Blijkbaar kwam in het onderhavige onderzoek zo'n factor niet voor.

Verbetering van het proefplekkenonderzoek bij een meerjarig tuinbouwgewas is te bereiken door uit te gaan van uniform plantmateriaal, door dezelfde personen uitgeplant in een zekere korte periode, en het volgen van de ontwikkeling van het gewas vanaf het begin. Daarbij moeten de bodemfactoren beter worden vastgelegd in cijfers, ook wat betreft hun veranderingen in de tijd. Het is moeilijk te voorspellen, of de toename van het aantal dan te beschouwen factoren geen aanleiding zal geven tot een te grote onderlinge koppeling van deze grootheden, met alle moeilijkheden die daaraan inherent zijn.

ad b. Het vaststellen van de grootte van de invloed van de factoren op het gewas is van groot belang. Op dit punt heeft het hier behandelde proefplekkenonderzoek een positieve bijdrage kunnen leveren. Het aantal factoren, waarover een betrouwbare uitspraak kon worden gedaan, was echter betrekkelijk gering. Als men een overeenstemming tussen de gevonden invloed en de tevoren veronderstelde grootte ervan een voldoende basis acht, kan over vele eigenschappen van de grond een uitspraak gedaan worden in hoeverre deze in de betreffende streek voldoen aan de eisen van het gewas. Een op grond hiervan gewijzigde bemesting zal dan tot een verbetering van de teelt van het meerjarig tuinbouwgewas bijdragen.

Samenvatting

Een onderzoek werd verricht om te bepalen of de analyse van de bodemvruchtbaarheid door middel van proefplekken tot bevredigende resultaten kan leiden bij een meerjarig tuinbouwgewas.

Doel en opzet van het onderzoek

Het doel van het onderzoek (hoofdstuk 1) was tweeledig:

- a. het toetsen van de uitvoerbaarheid van de proefplekkenmethode bij een meerjarig tuinbouwgewas, hier één jaar oude planten van het aardbeienras Jucunda op zandgrond in de omgeving van Zundert, en
- b. het verzamelen van meer kennis over de eisen van het gewas om de teelt van de aardbei door een aangepaste bemesting te verbeteren.

In de hoofdstukken 2 en 3 is een beschouwing gewijd aan de ten dienste staande methoden voor de statistisch verantwoorde wijze van verzamelen en bewerken van het materiaal. De voor- en nadelen van diverse methoden voor het opsporen van de factoren, die de opbrengst het sterkst beïnvloeden, zijn besproken. Een meerdimensionaal model werd opgesteld volgens welke deze factoren rechtstreeks de produktie bepaald zouden hebben, als wel ook indirect via andere bodemfactoren.

In een literatuurstudie (hoofdstuk 4) werd nagegaan, welke bodemfactoren als de belangrijkste moeten worden beschouwd voor de ontwikkeling en de produktie van de aardbei. Daarbij kwam naar voren, dat deze plant hoge eisen stelt aan de structuur van de grond en aan de vochtvoorziening, terwijl onder 'normale' praktijkomstandigheden de behoefte aan bemesting met voedingsstoffen gering is.

Verzameling van de gegevens (hoofdstuk 5)

Het eigenlijke proefplekkenonderzoek op zandgrond te Zundert had in 1955 plaats op 211 plekken, elk van 50 planten, in het voorjaar van 1954 uitgeplant. De proefplekken waren zo gelijkmatig mogelijk verspreid over het betreffende tuinbouwgebied en waren daarbij zo uitgekozen, dat alle voorkomende waarden van de voor de produktie van belang geachte factoren zoveel mogelijk in gelijke aantallen aanwezig waren. Het verkrijgen van zulk een homogene verdeling is, uit de aard der zaak, maar ten dele gelukt.

Bovendien werden in 1955 nog 8 fosfaatbemestingsproefvelden en 8 kalibemestingsproefvelden aangelegd op percelen met uiteenlopende fosfaat- resp. kalirijkdom van de grond.

Op 30 percelen werd naast de proefplek een extra veldje van dezelfde grootte aan-

gelegd waar periodiek gespoten werd met een oplossing van magnesiumsulfaat. Hetzelfde werd gedaan met kopersulfaat op 10 andere percelen.

Tenslotte werd nog op 5 aardbeiercelen een vergelijking gemaakt tussen twee selecties.

Het totale aantal veldjes van 50 planten kwam daardoor op 365, verdeeld over 272 percelen.

In 1956 werden alleen de waarnemingen op de bemestings- en bespuitingsproefvelden voortgezet.

Door middel van enquêteformulieren werden vele gegevens aan de tuinders gevraagd. Daarbij bleek de gemiddelde praktijkbemesting per ha te bedragen:

- (1) Vóór het planten 40 ton stalmest.
- (2) In de winter en het voorjaar van het plantjaar in de vorm van kunstmest 30 kg N + 30 kg P_2O_5 + 40 kg K_2O .
Als men de in de stalmest en kunstmest aanwezige voedingsstoffen samentelt, komt men tot 130 kg N + 150 kg P_2O_5 + 240 kg K_2O .
- (3) In de winter vóór het eerste oogstjaar: 40-60 kg N + 70 kg P_2O_5 + 100-125 kg K_2O + 25 kg MgO.
- (4) Vlak vóór de pluk (in 54 % van de gevallen) een overbemesting van ongeveer 40 kg N.

De kunstmestbemesting werd in hoofdzaak in de vorm van mengmeststoffen gegeven.

Onderlinge samenhang tussen de factoren (hoofdstuk 6)

De onderlinge samenhang tussen de factoren werd bestudeerd door middel van de berekening van correlatiecoëfficiënten, groeppenanalyse en aspectanalyse.

De eigenschappen van het gewas vertoonden onderling hoge correlaties. Ziekten speelden een belangrijke rol. De correlatie van de opbrengst met bodemfactoren was gering. De kwaliteit van de in zwaveligzuur geconserveerde aardbeien vertoonde geen duidelijke samenhang met de in het onderzoek betrokken factoren.

De aspectanalyse leverde drie belangrijke aspecten op. Na draaiing van de assen tot een 'eenvoudige structuur' toonden de waarnemingen van het gewas in aspect II slechts een matige relatie met aspect I, dat in hoofdzaak werd bepaald door de textuur en het humusgehalte van de grond, en met aspect III, dat kan worden beschouwd als een index voor de watervoorziening van de plant.

Resultaten van de afzonderlijke bewerking van de factoren (hoofdstuk 7)

Het selectiemateriaal dat op vijf percelen naast eigen materiaal was uitgeplant leverde een 22 % hogere opbrengst. In het gehele proefplekkenmateriaal was het verschil in opbrengst tussen niet en wel geselecteerde planten echter gering.

Op percelen waar in de laatste tien jaren voor de vierde maal aardbeien werden geteeld, was de opbrengst lager dan op de andere percelen die minder dikwijls voor aardbeienteelt waren gebruikt.

In 1955 werd weinig *Verticillium*- en wat meer *virusaantasting* aangetroffen. Afwij-

kingen als gevolg van aantasting door *aaltjes* kwamen op 29 % van de percelen voor; voor *spint* bedroeg dit percentage 57. In juli 1955 was slechts 3 % van de percelen vrij van *meeldauw*. Behalve voor *Verticillium* werden betrouwbare negatieve correlaties gevonden met de opbrengst. De *aardbeibloesemkever* kwam massaal voor, en wel op 74 % van de percelen, maar er werd geen negatieve samenhang gevonden met de opbrengst.

Een al of niet *luwe ligging* van het perceel bleek van veel invloed te zijn op de opbrengst. In april 1955, met een droge, koude, winderige periode had slechts 40 % van de percelen geen of slechts matige windschade aan de jonge, pas ontwikkelde bladeren.

Fosfaat- en kalibemesting gaven een geringe reactie van de opbrengst. Er werd een aanwijzing gevonden dat bij een P-getal boven 2, een P-citr boven 45 en een K-HCl boven 0,008 % geen reactie meer te verwachten is.

Bespuittingsproeven met magnesiumsulfaat hadden geen resultaat, ook niet in het tweede proefjaar.

Bespuiting met kopersulfaat bleek daarentegen een gunstige uitwerking te hebben. De grens waar beneden het gewas onvoldoende groeit bleek te liggen bij 3 d.p.m. Cu op grond, bepaald volgens de Aspergillus-methode. Op 60 % van de 30 onderzochte percelen bleek het kopergehalte van de bodem te laag te zijn, wat een waarschuwing inhoudt, zeker voor de jonge ontginningsgronden.

De invloed van de *vochtthuishouding van de grond* op de stand van het gewas werd bestudeerd. Daartoe werden grondmonsters gestoken op 30 proefplekken met sterk uiteenlopende humus- en leemgehalten. Er werd een bevredigend verband gevonden tussen het percentage beschikbaar vocht dat de grond kan vasthouden enerzijds en het humus- en leemgehalte van de grond anderzijds. Aan de hand van de profielbeschrijving werd een schatting gemaakt van de voor de plant beschikbare hoeveelheid vocht, die het profiel tot 75 cm diepte kan bevatten.

Op de percelen met een gering *vochthoudend vermogen* (tot 70 mm, gemiddeld 54 mm) nam de opbrengst duidelijk af als de *grondwaterspiegel in juli* dieper lag dan 75 cm. De ongunstige invloed van een diepe grondwaterstand in de zomer was geringer naarmate de grond meer vocht kon vasthouden: op sterk leemhoudende gronden met meer dan 160 mm beschikbaar vocht tot 75 cm diepte was een lage grondwaterstand in juli zelfs gunstig.

Een behoorlijk *hoge grondwaterstand in maart* ging, in tegenstelling met hetgeen de literatuur hierover in het algemeen vermeldt, samen met hogere opbrengsten. Een verklaring hiervan werd gezocht in het feit, dat een dergelijke hoge waterstand in maart een maat is voor voldoende aanbod van vocht in de maanden mei tot juli, waarin de vochtbehoefte zeer groot is in verband met bloei en uitgroeien van de vrucht.

Een sterke *daling in de grondwaterstand*, dus een groot verschil tussen die in maart en die in juli was, naar het zich laat aanzien, onder de gegeven omstandigheden gunstig.

Het vochtgehalte van de laag van 5 tot 20 cm diepte vertoonde midden juli een

nauw verband met de diepte van de grondwaterstand in de zomer. Over het algemeen was dit vochtgehalte nog vrij hoog en slechts op zeer weinig percelen werd het berekende verwelkingspunt bereikt. Bovenstaande punten wijzen erop, dat een mogelijk gunstig effect van een diepe ontwatering in de winter op zandgrond alleen kan worden verkregen bij toevoer van water in de zomer, bijv. door kunstmatige beregning.

Resultaten van de gezamenlijke bewerking van de factoren (hoofdstuk 8, 9, 10 en 11)

In de polyfactoranalyse van de *opbrengstgegevens* werden de zandgronden en de leemhoudende zandgronden gescheiden gehouden. Slechts ongeveer een derde tot de helft van de variantie in de opbrengst kon op deze wijze worden verklaard. Deze analyse gaf aanleiding tot de volgende conclusies.

Aantasting door *bladaaltjes* en door *meeldauw* leidde tot een ernstige daling van de opbrengst.

Onbeschutte percelen brachten duidelijk minder op.

Een *lage grondwaterstand in juli* was vooral schadelijk op de lichte zandgronden.

Een *vrij hoge grondwaterstand in maart* (op ongeveer 50 cm diepte) was op zandgronden het gunstigst. Op de leemhoudende gronden bleek bij een hoge grondwaterstand in maart een hoge grondwaterstand in juli gewenst te zijn, bij een lage grondwaterstand in het voorjaar een lage in juli.

Een *humusgehalte in de bouwvoor* van 5 tot 6% gaf op zandgronden de beste opbrengst; en op leemhoudende zandgronden was 5% optimaal.

Een *dikkere humeuze laag* bevorderde vooral op zandgronden de groei van de aardbei.

Een *bemesting met stalmest* van 60 ton per ha vóór het planten was op zandgrond optimaal; en op leemhoudende zandgrond was deze hoeveelheid 45 ton.

Een *pH-KCl* van 4,4 leidde op zandgrond tot de beste opbrengst; op leemhoudende grond bleek 4,2 het gunstigst te zijn.

Gronden met een *P-citr* van 60-70 gaven de hoogste opbrengst.

Het *K-HCl-gehalte* van de grond mag juist vóór de oogst waarschijnlijk niet hoger zijn dan 0,008% voor gronden die arm zijn aan *magnesium*; een waarde van 0,015 tot 0,020% is gewenst op gronden met MgO-NaCl van gemiddeld 75 d.p.m. De invloed van het magnesiumgehalte van de grond was gering.

In bovengenoemde polyfactoranalyse werd de juist vóór de pluk geschatte opbrengst als basis gebruikt. Deze schattingsprocedure heeft het voordeel dat ze de invloed van abnormale omstandigheden tijdens de oogstperiode uitschakelt. Vergelijking met de werkelijk verkregen opbrengst leerde, dat bij de schatting meer waarde werd gehecht aan de invloed van de grondwaterstand in de zomer. De gemeten opbrengst reageerde duidelijker op de vochtvoorraad in het profiel (gecorrleerd met de waterstand in de winter en bepaald door het vochtgehalte in de bouwvoor) en minder op de grondwaterstand in de zomer.

Bewerking van de schattingscijfers voor de *frisheid van de stand* van het gewas in juli 1955 volgens de polyfactoranalyse toonde aan, dat de verdroging toenam met een lagere grondwaterstand in de zomer. Voor de zandgronden was deze ongunstige invloed geringer bij een hoger gehalte aan leem, voor de leemhoudende zandgronden bij een hoger gehalte aan humus. Verder bleek op de zandgronden een duidelijk verband tussen de verdroging van het gewas en het vochtgehalte van de laag 5-20 cm in juli te bestaan. Ook hier was een hoge grondwaterstand in maart (als maat voor de vochtvoorraad in het profiel) gunstig ter voorkoming van verdroging. Geen noemenswaardig verband werd gevonden met de dikte van de humushoudende laag.

De invloed van bodemfactoren op *diverse eigenschappen* van het gewas werd in multiële lineaire regressieberekeningen bestudeerd.

Eerst wordt de samenhang met de opbrengst weergegeven:

De *opbrengst van de 30 'beste' planten* per proefplek was negatief gecorreleerd met het percentage uitval en positief met de regelmaat van de overgebleven planten in maart 1955. Een hogere opbrengst werd gevonden na een goede vruchtzetting en ging samen met een hoog percentage grote vruchten. Op percelen met hoge opbrengst lag de gemiddelde oogstdatum later en was de plukperiode langer.

Het volgende resultaat van de berekeningen werd verkregen:

De *uitval in maart* van aardbeiplanten was groter op gronden met een lage waterstand in het voorjaar, bij meer meeldauwaantasting en bij een zware stikstofbemesting. De zware stikstofbemesting kan schadelijk hebben gewerkt door een te hoge zoutconcentratie van de bodemoplossing. Het kan echter ook zijn, dat de tuinders op plekken waar de stand slecht was zwaarder hebben gemest.

De *regelmaat van de stand* van de overgebleven planten was minder goed op velden met een zware meeldauwaantasting en op die met virusaantasting. Op onbeschutte percelen was de stand van het gewas minder goed. Een hoge grondwaterstand in het voorjaar was gunstig. Een sterke daling van de grondwaterstand daarna werkte een regelmatige stand in de hand.

De *vruchtzetting* van de bloemen werd benadeeld door meeldauw, aaltjes en onbeschutte ligging. Een betere zetting werd gevonden op de meer humushoudende percelen.

De *gemiddelde oogstdatum* was later op de gronden met een hoge grondwaterstand in maart en een hoog vochtgehalte in de bouwvoor in juli en op de leemhoudende gronden.

De *snelheid van de oogst* werd door dezelfde factoren beïnvloed als de gemiddelde oogstdatum.

Het *percentage grote vruchten* bleek hoger te zijn op fosfaatrijke gronden. Wind en aantasting door aaltjes en virus verlaagden dit percentage.

Het *percentage misvormde vruchten* was hoger op fosfaatarme grond, op meer aan de wind blootgestelde groeiplaatsen en bij aantasting door aaltjes en virus. Bovendien kwam misvorming in geringere mate voor op de gronden met een lage grondwaterstand in juli. Meer misvormde vruchten werden aangetroffen na een zware stikstof-

bemesting, vermoedelijk door de stimulerende werking hiervan op het uitgroeien van bloembodems met onvoldoend gezette vruchtbeginsels.

Ter bepaling van de *verwerkingskwaliteit* werden vier maal monsters aardbeien tijdens het plukseizoen verwerkt tot halffabrikaat. De kwaliteit hiervan werd gedurende de daarop volgende winters drie maal beoordeeld. De correlatie van die kwaliteit met de overige factoren was echter laag en er was geen duidelijke lijn in te zien.

De *opbrengsten van de bemestings- en bespuitingsproefvelden* die in het tweede plukjaar waren gehandhaafd, waren positief gecorreleerd met de vochtthuishouding van het profiel en negatief met het kaliumgehalte van de grond. Een hoger percentage grote vruchten werd gevonden op de meer humushoudende gronden. De verwerkingskwaliteit bleek geen samenhang te tonen met de eigenschappen van de grond.

Resultaten van de berekening van padcoëfficiënten (hoofdstuk 12)

Nagegaan werd de *invloed van het leem- en humusgehalte van de bouwvoor op de opbrengst* na eliminatie van de invloed van deze op de vochtvoorziening en op de verstuiwing. Hierbij bleek het leemgehalte in zijn 'resteffect' ongunstig te werken, hetgeen werd toegeschreven aan een verslemping van de bodem. Het humusgehalte bleek geen invloed meer te hebben, zodat het vermogen kationen te binden voor de aardbei geen betekenis had, wat overeenkomt met de literatuur, waarin de geringe voedingseisen van dit gewas worden vermeld.

De invloed van het bodemtype (hoofdstuk 13)

Het proefplekkenmateriaal werd ingedeeld naar bodemtypen, zoals door VAN LIERE ontworpen en naar de kaartenheden, zoals ze kort geleden zijn ingevoerd door de Stichting voor Bodemkartering.

De variantie in opbrengst bleek, na uitschakeling van de invloed van ziekten, voor een groter deel verklaard te kunnen worden door deze eenheden dan door de bij de meerdimensionale bewerking gebleken invloed der afzonderlijke bodemfactoren. Dit houdt echter niet in, dat de ene methode hetzelfde verklaart als de andere. Duidelijk waren binnen de bodemtypen, respectievelijk kaartenheden nog produktieverschillen te verklaren door differentiatie naar de onderscheiden bodemfactoren. Daaruit blijkt, dat binnen de bodemeenheden het proefplekkenonderzoek zijn plaats heeft.

NABESCHOUWING (hoofdstuk 14 en 15)

In de nabeschouwing werden de merites van het proefplekkenonderzoek nader onder de loep genomen.

De bodemfactoren waarvan men de invloed reeds kende, konden door het proefplekkenonderzoek, wat hun invloed op de opbrengst betreft, nader worden gekwantificeerd. Ook kwam de schadelijke invloed van ziekten sterker uit dan tevoren werd vermoed.

Door de intensieve studie van gewas en bodem kunnen voordien niet onderkende factoren die van invloed zijn op het gewas worden ontdekt, hetgeen in het onderhavige onderzoek het geval was met de kopervoorziening van de aardbei.

In grote lijnen gezien kan echter niet worden gesproken van een volledig succes van de methode van het proefplekkenonderzoek bij een meerjarig tuinbouwgewas. Vele invloeden konden slechts worden aangeduid. In het bijzonder is het niet gelukt 'correlatieve' bodemcomplexen, die vroeger als bodemtypen, nu als kaarteenheden worden ingedeeld, door schematische profielbeschrijving met codering zodanig in factoren te ontleden, dat het proefplekkenonderzoek over een wijde reeks van uiteenlopende bodemprofielen kan worden uitgevoerd.

Een beperking van het proefplekkenonderzoek binnen de kaarteenheden is gewenst. Daarbij kan een proefplekkenonderzoek binnen de kaarteenheden de wegen aangeven naar een verdere onderverdeling, indien men landbouwkundig gezien tot kleine, weinig van elkaar in produktie verschillende bodemeenheden wil komen.

Summary

Plan of the study

The study had two purposes (chapter 1):

- a. to test the feasibility of the plot method in a perennial market-garden crop
- b. to gain a better insight of the ecological requirements of the strawberry, particularly to improve the use of fertilizers.

Chapters 2 and 3 discuss the collection of data and the mathematical methods suitable for the processing of the material. The advantages and disadvantages of different methods of tracing the factors considered to have the most influence on yield are mentioned. A multidimensional model was constructed which included all factors likely to act on yield, either directly or indirectly through other soil factors.

A literature study (chapter 4) surveys the soil factors that must be considered important for the growth and production of the strawberry. This crop seems to have high requirements for the soil structure and the moisture supply but in practice the need for mineral fertilizers is small.

Collection of data (chapter 5)

The data collected in 1955 on sandy soils at Zundert involved 211 plots, each of 50 plants, set out in spring 1954. Plots were selected from the area with the aim of obtaining a homogeneous distribution of values for factors considered. A homogeneous distribution could, from the nature of the circumstances, be only partly achieved.

In 1955 also 8 field trials with phosphate and 8 with potassium were set out on fields with different P and K values of the soil. On 30 areas an additional plot was sprayed periodically with MgSO_4 solution and on 10 areas with CuSO_4 solution. On 5 fields two selected strains were compared.

Altogether there were 365 plots of 50 plants distributed over 272 fields.

In 1956 observations continued only on the fertilizer trials.

Information was collected from the farmers by a questionnaire. It showed that practical manuring per hectare averaged

1. 40 tonnes farmyard manure before planting
2. 30 kg N + 30 kg P_2O_5 + 40 kg K_2O applied in the winter and spring of the year of planting
(total nutrients from the farmyard manure and the artificial amount to 130 kg N + 150 kg P_2O_5 + 240 kg K_2O)

3. 40-60 kg N + 70 kg P_2O_5 + 100-125 kg K_2O + 25 kg MgO in the winter before the first harvest
 4. a top dressing of about 40 kg N (in 54% of the cases) just before picking.
- Artificial fertilizers were given chiefly as compounds.

Interrelations between the factors (chapter 6)

Interrelations between the factors were studied with correlation coefficients by cluster analysis and factor analysis.

The properties of the crop exhibited high mutual correlations. Diseases played an important role. The correlation of yield with soil factors was low. The quality of strawberries preserved with sulphurous acid was not clearly related to the factors studied.

Factor analysis showed three important common factors. After manipulation of the axes to a simple structure, observations of the crop in common factor II showed only a moderate relation with common factor I, which was mainly determined by texture and humus content of the soil, and with common factor III, which was an index of the water supply of the plant.

Results of separate fitting of the factors (chapter 7)

Selected material planted alongside the farmer's own material on 5 fields gave a 22% higher yield. In the entire plot material the difference between selected and other material was, however, small.

Fields planted with strawberries for the 4th time in 10 years yielded less than fields less frequently planted.

In 1955 there was little infection by *Verticillium* and slightly more virus. Damage by nematodes occurred in 29% of the fields and by mites (*Tetranychus urticae*) in 57%. In July 1955 only 3% of the fields were free from mildew. Except for *Verticillium* there was a significant negative correlation with yield. The strawberry-flower beetle (*Anthonomus rubi*) was widespread on 74% of the fields but its occurrence was not correlated with yield.

Sheltered or open aspect of the field had much influence on yield. In April 1955, with a dry cold weather, only 40% of the fields had no or only slight damage to young partly developed leaves. The effect of this factor was marked.

P and K dressings had only a slight effect on yield. There was an indication that no further effect could be expected with a P-water more than 2, P-citric acid above 45 (mg P_2O_5 /100g air-dry soil), and K_2O-HCl above 0.008%.

Spraying with $MgSO_4$ had no effect, either in the first or in the second year.

Spraying with $CuSO_4$ improved yield. The lower limit for adequate growth of the crop was 3 ppm Cu in the soil, estimated by Aspergillus assay. The Cu content was too low on 18 out of the 30 fields tested; this carries a warning, especially for newly reclaimed soils.

Moisture relations of the soil were studied in samples from 30 plots with a wide range of humus and loam contents. There was a distinct positive correlation between the percentage available moisture which the ground can hold and the contents of humus and loam.

From the description of the profile an estimate was made of the moisture capacity available for the plant to a depth of 75 cm.

Low moisture-retaining capacity (up to 70 mm, average 54 mm) significantly diminished yield if the *watertable in July* was lower than 75 cm. The unfavourable effect of a low *watertable* in summer was less if the soil could retain more moisture; on very loamy sands with more than 160 mm available moisture in the 0-75 cm layer a low *watertable* in July was an asset.

Fairly high watertable in March, despite most information in the literature, was associated with higher yields. This may be explained by the relation between such a high *watertable* in March and an adequate supply of moisture from May to July when the moisture requirement is great for flowering and fruit formation.

A large drop in *watertable*, a big difference between its level in March and July, seems favourable under the conditions studied.

The *moisture content from 5 to 20 cm* deep in mid July was closely related to the depth of the *watertable* in summer. In general this moisture content was reasonably high and only on very few fields reached the estimated wilting point.

The data on moisture indicate that a possible favourable effect of deep drainage in winter can only be obtained by irrigation in summer.

Results of multiple fitting of the factors (chapters 8-11)

The multifactorial analyses (Dutch: 'polyfactoranalyse', a multiple graphic iterative regression method done graphically and stepwise) of the yield results were kept separate for sandy soils and loamy sands. Only about a third to a half of the variance in yield could be explained in this way. Analysis yielded the following conclusions.

Attack by leaf eelworm (*Aphelenchoides fragariae*) and by mildew (*Sphaerotheca macularis*) severely diminished yield.

Exposed fields yielded less.

Low watertable was particularly harmful on light sands.

Fairly high watertable in March (about 50 cm deep) was best on sands. On loamy sands a high *watertable* in March needed a high *watertable* in July, and a low one in March needed a low one in July.

A *humus content in the top soil* of 5 to 6 % gave the best yields on sands; on loamy sands 5 % was best.

A *thick humus layer* favoured strawberry growth, especially on sands.

Farmyard manure, 60 tonnes per hectare before planting, was best on sands and 45 tonnes on loamy sands.

pH-KCl of 4.4 and 4.2, respectively, were best.

P-citric acid of 60 to 70 mg P_2O_5 /100 g air-dry soil gave highest yields.

K_2O-HCl should probably not be higher than 0.008% just before harvest on soils poor in *magnesium*; a value of 0.015 to 0.020% is desirable on soils with $MgO-NaCl$ of, on average, 75 ppm. The effect of Mg in soil was small.

The multifactorial analysis was based on the yield estimated just before picking. This procedure has the advantage of excluding the effect of abnormal conditions during the harvest. Comparison with actual yield showed that the estimate overemphasized the effect of summer watertable. The measured yield reacted more clearly on the water supply in the profile (correlated with winter watertable and estimated by moisture content in the top soil) and less to summer watertable.

Freshness of the stand, estimated in July 1955, was processed by multifactorial analysis and indicated that drying out increases with lower watertable in summer. In sands this unfavourable effect decreased as loam content increased, and in loamy sands as humus increased. In sands there was a clear relation between withering and the moisture content of the 5-20 cm layer in July. High watertable in March (as a measure of the water available in the profile) also helped to prevent drying out. There was no significant relation with the thickness of the humified layer.

Various properties of the crop as influenced by the soil were studied by calculation of multiple linear regressions.

The yield of the 30 best plants per plot was negatively correlated with the number of failures and positively with the evenness of plants surviving in March 1955. A high yield was associated with a high fruit-set and with a high proportion of large fruits. Plots with a high yield had a late mean harvest date and a longer picking period.

Failures in March were more in plots with a low spring watertable, with more mildew attacks and with heavy N dressing. The heavy N dressing could have caused too concentrated a soil solution or perhaps the farmers applied more fertilizer to poorer stands.

Evenness of the stand of remaining plants was poorer in fields heavily infected by mildew, attacked by virus, and in exposed fields. A high watertable in spring was favourable; a sharp fall in watertable afterwards encouraged an even stand.

Fruit-set was hindered by mildew, eelworm and exposure. Set was better in fields with more humus.

Mean harvest date (reckoned from first harvest day) was later and duration of harvest was longer on soils with a high watertable in March and a high moisture content in the top soil in July and on loamy soils.

Proportion of large fruit was greater on phosphate-rich soils. Wind and attack by eelworm and virus lowered the proportion.

The proportion of misshapen fruit was higher on phosphate-low soils, in exposed fields, with attacks by eelworm and virus and in fields heavily dressed with N (the last perhaps through stimulation of receptacle growth in incompletely set ovaries). Less fruit was misshapen on soils with a low watertable in July.

Processing quality was estimated in 4 samples processed for industrial use. Quality was estimated three times during the ensuing winter. Correlation of this quality with other factors was low and showed no clear trend.

The yield in the fertilizer trials which were maintained in the second picking season was positively correlated with the moisture status of the profile and negatively with the K content of the soil. A larger proportion of large fruits was found on the soils with more humus. The processing quality of the fruit had no relation with soil properties.

Results of the calculation of path coefficients (chapter 12)

The effect on yield of loam and humus content of the top soil was studied after eliminating the effect of these factors on moisture supply and blown dust. The residual effect of loam was negative, perhaps due to compaction of the soil. Humus had no residual effect so that its capacity to bind cations was here of no significance for the strawberry; this corresponds with the literature which reports the low nutritive requirements of the strawberry.

Effect of soil type (chapter 13)

The plots were grouped according to the soil types of VAN LIERE and according to the subgroups introduced recently by the Soil Survey Institute, Wageningen. The variance in yield, after excluding the effect of diseases, could be more fully explained by the types than by the multidimensional analysis of the separate factors. This does not mean that the one method explains the same as the other. Within the soil types and the subgroups there still were differences in yield which could be explained by the individual soil factors. This shows that within the soil units the plot method has a place.

RETROSPECT (chapters 14 and 15)

The retrospect takes a closer look at the merits of the plot method. Already known soil factors can be more closely put onto a quantitative basis for their effect on yield. The harmfulness of diseases came out more clearly than expected.

Close study of the crop and soil can show previously unknown factors, as here with Cu for the strawberry. But in the main it cannot be said that the plot method was a complete success for a perennial crop. Many influences can hardly be distinguished.

In particular it has not been possible to derive correlative soil complexes, earlier classified by soil types and now as subgroups, by codified description of the profile, so that our method can succeed in forecasting yield on divergent soil profiles.

Literatuur

- | | | |
|-------------------------------|------|---|
| Anonymus | 1964 | Bodemkaart van Nederland. Schaal 1:50.000. Toelichting bij kaartblad 50 West Breda. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| — | 1954 | Verslag Congres watervoorziening voor de landbouw in Noord-Brabant. Uitgave Prov. Best. Noord-Brabant. |
| — | 1957 | Waterbeheersing in Noord-Brabant. 1e rapport Commissie Waterbeheersing Noord-Brabant. Prov. Best. Noord-Brabant. |
| Bakker, G. de | 1950 | De bodemgesteldheid van enkele Zuidbevelandse polders en hun geschiktheid voor de fruitteelt. Versl. Landbouwk. Onderz. 56.14. |
| Bakker, H. de en J. Schelling | 1966 | Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. Pudoc, Wageningen. |
| Bloemen, G. W. | 1951 | Twee aspecten van de grondwaterdiepte. <i>Maandblad Landbouwvoorl.</i> 8: 387-390. |
| Bockel, P. en P. K. Peerlkamp | 1957 | Een onderzoek naar het verband tussen de voor de plant in de bodem beschikbare hoeveelheid vocht en enkele elementaire eigenschappen van zandgronden uit de Gelderse Vallei en Brabant. Rapp. Inst. Bodemvruchtbaarheid 11. |
| Boon, J. van der | 1952 | Tuinbouwbemestingsonderzoek 1948. Appel Jonathan op E.M. XVI. Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangelegenheden. |
| Boon, J. van der | 1952 | Tuinbouwbemestingsonderzoek 1948. De druif Black Alicante. Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangelegenheden. |
| Boon, J. van der | 1952 | Tuinbouwbemestingsonderzoek 1949. De druif Black Alicante. Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangelegenheden. |
| Boon, J. van der | 1952 | Tuinbouwbemestingsonderzoek 1948. De tomaat (Tuckwood-type). Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangelegenheden. |
| Boon, J. van der | 1953 | Inventarisatie van de gegevens van bemestingsproefvelden in de tuinbouw. B. Groenteteelt. Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangelegenheden. |
| Boon, J. van der | 1955 | Tuinbouwbemestingsonderzoek 1949. De tomaat (Tuckwood-type). Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangelegenheden. |
| Boon, J. van der | 1957 | Tuinbouwbemestingsonderzoek 1949-1952. Appel Jonathan op M XVI in de Rijkstuinbouwconsulentschappen Geldermalsen en Kesteren. Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangelegenheden. |
| Boon, J. van der | 1960 | Bemesting met kunstmest en grondonderzoek in de opengronds fruit- en groenteteelt. <i>Meded. Dir. Tuinb.</i> 23: 279-285, 384-388, 424-428. |
| Boon, J. van der | 1961 | De aardbei en het kopergehalte van zandgrond. <i>Groente en Fruit</i> 17: 497; <i>de Fruitteelt</i> 51: 1129. |
| Boon, J. van der | 1965 | Bemesting en vochtvoorziening van de aardbei. (Literatuurstudie). Rapp. Inst. Bodemvruchtbaarheid 17. |

- Boon, J. van der en J. Butijn 1959 Tuinbouwbemestingsonderzoek 1949-1954. Appel Jonathan op M XVI in het Rijkstuinbouwconsulentschap Goes. Rapp. Inst. Bodemvruchtbaarheid 12.
- Boon, J. van der en J. Butijn 1961 Invloed van bodemfactoren op Jonathan M XVI, onderzocht volgens de proefplekkenmethode. *Meded. Dir. Tuinb.* 24: 44-53.
- Boon, J. van der, F. W. G. Pijls en L. J. J. van der Kloes 1954 Beschouwing over de resultaten, verkregen met het tuinbouw-bemestingsonderzoek bij de druif (Black Alicante) in 1948 en 1949. Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangelegenheden.
- Boon, J. van der en G. J. G. Rauw 1962 Werkverslag over 1960/1961 van de koperbemestingsproef met aardbeien VP 458. Versl. Inst. Bodemvruchtbaarheid C 1145.
- Bould, C. 1960 Manurial experiments with fruit. IV. Strawberry under cloches. Ann. Rep. Long Ashton Agr. Hort. Res. St.: 69-74.
- Corsten, L. C. A. 1957 Vectors a tool in statistical regression theory. Veenman, Wageningen.
- Delver, P. 1951 Bemestingsproeven met platglasaardbeien. *Meded. Dir. Tuinb.* 14: 919-924.
- Delver, P. 1965 Onderzoek over de stand van aardbeien in Kennemerland. Versl. Landbouwk. Onderz. 661.
- Diepen, D. van 1954 Profielkenmerken van droge cultuurgronden. *Landbouwk. Tijdschr.* 66: 590-598.
- Does, J. van der 1955 Onderzoek naar de kostprijzen van aardbeien in verschillende teeltcentra. Prijspeil voorjaar 1955. Rapp. Landb. Econ. Inst. no. 225.
- Doesburg, J. J. 1965 Pectic substances in fresh and preserved fruits and vegetables. Commun. Inst. Res. Stor. Process. Hort. Prod. Wageningen, 25.
- Duin, R. H. A. van 1954 De waterbehoefte der gewassen. *Landbouwk. Tijdschr.* 66: 240-243.
- Ezekiel, M. 1950 Methods of correlation analysis. Wiley, New York.
- Ferrari, Th. J. 1952 Een onderzoek over de stroomrugggronden van de Bommelerwaard met als proefgewas de aardappel. Versl. Landbouwk. Onderz. 58.1.
- Ferrari, Th. J. 1960 Vergelijking tussen proeven met en zonder ingreep. *Landbouwk. Tijdschr.* 72: 792-801.
- Ferrari, Th. J. 1963 Causal soil-plant relationships and path coefficients. *Plant and Soil* 19: 81-96.
- Ferrari, Th. J. 1964 Auswertung biologischer Kettenprozesse mit Hilfe von Pfadkoeffizienten. *Biometr. Zeitschr.* 6: 89-102.
- Ferrari, Th. J., H. Pijl and J. T. N. Venekamp 1957 Factor analysis in agricultural research. *Neth. J. Agr. Sci.* 5: 211-221.
- Ferrari, Th. J., R. P. H. P. van der Schans en F. Sonneveld 1957 Het verband tussen de opbrengst (haver en grasland) en de aan de hand van enkelvoudige profielkenmerken geschatte hoeveelheid beschikbaar vocht. *Landbouwk. Tijdchr.* 69: 771-778.
- Ferrari, Th. J. and C. M. J. Sluijsmans 1955 Mottling and magnesium deficiency in oats and their dependence on various factors. *Plant and Soil* 6: 262-299.
- Fischer, F. J. 1955 Erdbeeren (Anbau-Sorter-Rentabilität). Parey, Berlin.
- Gersons, L., J. J. Doesburg en H. G. Schurink 1954 Verslag van de proeven met aardbeienpulp in 1952 en 1953. Rapp. Inst. Bewar. Verwerk. Tuinbouwprod. Wageningen no. 522.
- Goedewaagen, M. A. J. 1952 V. Grondwaterstand en beworteling der gewassen. Versl. Meded. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O. 1: 65-82.
- Groeneveld, Chr. 1955 Aardbeiteelt in 1955. *Betuws Tuinbouwbl.* 13, 30 juli.

- Hamming, G. 1949 Het samenvatten van rassenproeven en het toepassen van vruchtbaarheidscorrecties met niet-orthogonale methoden. Versl. Landbouwk. Onderz. 54.19.
- Hamming, G. 1952 Een eenvoudige berekeningswijze van de correlatiecoëfficiënt. *Meded. Ver. Stat. Ned. Biol. Sect. 4*: 27-33.
- Hamming, G., J. Mol en J. H. F. Schilderink 1961 Factoranalyse in theorie en praktijk. *De economist* 109: 198-219.
- Harmsen, G. W. 1962 Landbouwkundige en bodemkundige problemen rondom de stikstof in de grond. *Landbouwk. Tijdschr.* 74: 505-519.
- Kloes, L. J. J. van der, H. Egberts, H. J. Hulshof, A. F. C. M. Schellekens en Th. L. A. Zegers 1961 Beworteling van aardbeien op zandgrond. *Meded. Dir. Tuinb.* 24: 108-117.
- Kramer, C. 1957 Berekening van de gemiddelde grootte van de verdamping voor verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman. Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage.
- Kronenberg, H. G. 1953 Proeven over de vruchtzetting van Jucunda. *Boer en Tuinder* 7 (308): 5.
- Kronenberg, H. G. 1959 Poor fruit setting. *Euphytica* 8: 47-57.
- Kronenberg, H. G., J. P. Braak and A. E. Zeilinga 1959 Poor fruit setting in strawberries. II. Malformed fruits in Jucunda. *Euphytica* 8: 245-251.
- Kuipers, H. 1955 Een streekonderzoek gericht op de factoren bodemstructuur en stikstofbemesting. Versl. Landbouwk. Onderz. 61.9.
- Liberg, A. H. J. en G. Hamming 1960 Aspecten van de bedrijfsvoering op de gemengde bedrijven. *Bedr. Econ. Med. Landb. Econ. Inst.* 31.
- Liere, W. J. van 1950 Bodemgesteldheid van de gemeente Zundert. Rapp. Stichting Bodemkart. no. 205.
- Linser, H. 1957 Mathematik und Biologie. *Statist. Vierteljahresschr.* 10: 1-6.
- Meulenberg, M. T. G. 1962 Vraaganalyse voor landbouwprodukten uit tijdreeksen. *Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen* 62: 1-133.
- Naumann, W. D. 1961 Die Wirkung zeitlich begrenzter Wassergaben auf Wuchs- und Ertragsleistung von Erdbeeren. *Die Gartenbauwiss.* 26: 441-458.
- Paauw, F. van der 1957 Het tijdelijk verloop van uitkomsten van grondonderzoek op zand- en dalgrond in verband met de voor de monsterneming geschikte periode. *Landbouwvoorl.* 14: 259-265.
- Post, A. 1958 Invloed van cultuurmaatregelen op de dierlijke levensgemeenschap in boomgaarden. *Meded. Dir. Tuinb.* 21: 612-621.
- Postma, C., Th. A. de Boer, W. H. van Dobben en H. J. Reints 1960 Het produktieniveauonderzoek. III. Enige algemene gegevens, methode en resultaten der wiskundige bewerking. Versl. Landbouwk. Onderz. 66.20.
- Rhee, J. A. van 1959 Windbeschutting van cultuurgewassen vooral onderzocht voor fruit. *Meded. Inst. Toegep. Biol. Onderz.* 43.
- Roelofsen, B. en A. Schalk 1961 De teelt van kleinfruit. *Ned. Fruittelers Organ.* no. 13.
- Rogers, W. S. 1936 The relation of soil moisture to plant growth illustrated by moisture meter experiments with strawberries. *Ann. Rep. for 1935 East Malling Res. St.*: 111-120.
- Scharringa, M. 1955 Het weer van 1 October 1953 tot 30 September 1956. *Tuinbouw-gids*: 72, 73.
- 1956 *Tuinbouw-gids*: 122, 123.
- 1957 *Tuinbouw-gids*: 132, 133.

- Sieben, W. H., H. Smits en W. C. Visser 1955 Het verband tussen grondwaterstand en opbrengst in het Veluwe-
werandgebied en de toepassing van dit verband bij het Veluwe-
meervraagstuk. Rapp. Directie Wieringermeer, Kampen.
- Slits, H. J. A. 1954 De teelt van vollegronddaarbeien. *Meded. Dir. Tuinb.* 17:
648-657.
- Stolp, D. W. 1960 Bodemvocht en groenteteelt op een hoge zandgrond. Versl.
Landbouwk. Onderz. 66.16.
- Stolp, D. W. en J. C. J. Mohrmann 1953 Droogtekansen en berekening op hoge zandgronden. *Meded. Dir.*
Tuinb. 16: 363-378.
- Stolp, D. W. en J. J. Westerhof 1954 Landbouwwaterhuishouding; uit: Cultuurtechniek. Staatsdruk-
kerij, 's-Gravenhage.
- Theil, M. 1961 Economic forecasts and policy. North Holl. Publ. Comp., Am-
sterdam.
- Theil, M. and T. Kloek 1959 The statistics of systems of simultaneous economic relationships.
Statist. Neerl. 13: 65-89.
- Thomson, G. 1951 The factorial analysis of human ability. Univ. London.
- Thurstone, L. L. 1953 Multiplefactor analysis. Univ. Chicago Press, 4th ed.
- Uven, M. J. van 1946 Mathematical treatment of the results of agricultural and other
experiments. Noordhoff, Groningen.
- Visser, W. C. 1948 De eisen van aardbei ten aanzien van het grondwater. *Meded.*
Dir. Tuinb. 11: 351-355.
- Visser, W. C. 1949 Over de methodiek van het schatten van de waarde van de
grond. *Landbouwk. Tijdschr.* 61: 381-399.
- Visser, W. C. 1950 Agrohydrologische studies betreffende geestgrond. Versl. Land-
bouwk. Onderz. 56.9.
- Visser, W. C. 1952 II. Methodiek van het onderzoek naar de gewenste ontwaterings-
diepte. Versl. Meded. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O. 1:
35-53.
- Vos, N. M. de, B. W. Braams en H. R. ten Cate 1960 Waterbeheersing in de tuinbouw. Teelten in de open grond.
Tj. Willink, Zwolle.
- Vries, O. de 1937 Das Serienprinzip in Feldversuchen II. *Zeitschr. Pflanzenern.*
Düng. Bodenk. 49: 291-294.
- Vries, O. de en F. J. A. Dechering 1960 Grondonderzoek. Ceres, Meppel, 4e druk.

Bijlagen / *Appendices*

Bijlage 1. Frequentieverdelingen der belangrijkste factoren / Appendix 1. Frequency distributions of important factors

Factor nr. Factor No.	Laagste waarde Lowest value	12,5 %	25 %	37,5 %	Medi- aan Median 50 %	Mo- dus	Gem. Av.	62,5 %	75 %	87,5 %	Hoogste waarde Highest value
PROFIELBESCHRIJVING / Characterization of soil profile											
4	korrelgrootte zand op (particle size of sand at)	30- 40 cm ¹	1	3	4	4	5	5	5	5	7
5	"	50- 60 cm	1	4	4	4	5	5	5	5	7
6	"	70- 80 cm	1	4	5	5	5	5	5	6	7
7	"	90-100 cm	3	4	5	5	5	5	5	6	7
8	"	110-120 cm	1	4	5	5	5	5	5	7	7
9	leem op (loam content, 0-50 μ , at)	30- 40 cm ²	0	0	0	0	0	0	1,2	1	3
10	"	50- 60 cm	0	0	0	0	0	0	1,1	1	3
11	"	70- 80 cm	0	0	0	0	0	0	0,9	0	3
12	"	90-100 cm	0	0	0	0	0	0	0,8	0	3
13	"	110-120 cm	0	0	0	0	0	0	1,0	0	3
14	dikte humuslaag (thickness of humic layer) in cm		20	30	40	45	50	50	60	70	80
15	% humus op (% organic matter at)	30- 40 cm	0	0	1,0	3,0	3,0	0	3,1	4,0	5,0
16	"	50- 60 cm	0	0	0	0	0	0	1,5	2,0	3,0
17	"	70- 80 cm	0	0	0	0	0	0	—	0	2,0
18	"	90-100 cm	0	0	0	0	0	0	—	0	70,0
19	"	110-120 cm	0	0	0	0	0	0	—	0	70,0
20	diepte storende laag (depth of interfering layer) in cm		20	>120	>120	>120	>120	>120	>120	>120	>120
CHEMISCHE GEGEVENS voor laag 0-20 cm / Chemical data for layer 0-20 cm											
21	pH-water		4,3	4,8	5,1	5,2	5,4	5,3	5,4	5,6	6,1
22	pH-KCl		3,6	4,0	4,1	4,2	4,4	4,1	4,5	4,6	5,4
23	humus % / % organic matter		0,6	3,0	3,5	3,8	4,2	4,1	4,1	4,5	5,5
24	P-getal / mg P ₂ O ₅ /100 g dry soil, in water 1:10		0,0	0,5	1,3	1,8	2,5	0,5	3,1	3,5	4,5
25	P-citr / mg P ₂ O ₅ /100 g dry soil, in 1% citric acid 1:10		6	24	34	39	43	43	—	50	69
27	K-HCl / mg K ₂ O/100 g dry soil, soluble in 0.1 N HCl 1:10		4	9	11	13	14	14	15	16	18
28	MgO-NaCl / dpm MgO-NaCl dry soil, soluble in 0.5 N NaCl 1:10		4	20	27	32	39	32	43	44	52
33	N-totaal, % \times 100 / N-total		1	8	10	12	14	14	13	15	16
34	N-water, % \times 1000 (1:10)		0	0	1	1	1	1	1,6	2	2

GRANULAIRE SAMENSTELLING van laag 0-20 cm / Mechanical soil analysis for layer 0-20 cm

29	% < 16 μ	2	4	5	6	6	7	7	8	9	19
30	% 16-50 μ	1	5	7	9	11	9	—	13	16	20 33
	% 0-50 μ	3	10	13	15	17	14	19	20	24	28 45
31	% 50-90 μ	2	10	12	13	14	16	15	16	17	18 31
32	% > 90 μ	30	50	54	59	63	70	63	68	71	74 93
WATERHUTHOUDING / Water supply											
35	grondwaterstand (waterable) in cm: maart / March	5	20	30	40	50	40	55	60	70	90 125
36	" " juni-juli / June-July	40	70	90	100	110	>130	—	120	130	130 >130
37	" " juli / July	35	120	140	155	170	180	176	180	195	225 >300
38	verschil id. juli-maart / difference id. July-March	10	75	90	105	115	110	122	125	135	165 290
39	gew. % vocht, juli (weight % moisture, July) in 5-20 cm	2,9	10,4	12,5	14,8	16,5	16,0	16,2	18,4	20,9	24,9 45,4
71	gew. % beschikbaar vocht, juli (weight % available moisture, July) in 5-20 cm	0	7,2	8,8	10,9	12,8	12,0	12,5	14,1	16,7	20,1 40,7
72	vochtindex juli (moisture index July) in 5-20 cm ³	0	52	65	74	84	70	83	95	104	123 443
73	vochthoudend vermogen (water holding capacity) pF _{2,0} -pF _{4,2} , vol. %, 0-20 cm	2,7	13,3	16,6	18,3	20,4	23,0	—	21,8	23,3	24,7 30,6
40	verdrogingscijfer / marking for withering ⁴	2	5	5	6	7	7	6,7	7	8	9 10

STAND VAN HET GEWAS / State of crop⁵

41	plantijd (planting time) in 1954 ⁶	1	2	3	3	3	3	3,5	4	4	5 9
42	uitval % maart 1955 / % plants fallen out March 1955	0	2	4	6	8	10	9,7	10	12	18 36
43	uitval % juni 1955 / % plants fallen out June 1955	—	—	—	—	—	—	9,5	—	—	—
44	regelmaat stand april 1955 / regularity of growth April 1955	1,0	5,0	6,0	6,5	7,0	7,0	6,6	7,0	7,5	8,0 10,0
45	regelmaat stand juni 1955 / regularity of growth June 1955	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	verzorging april 1955 / degree cultivation April 1955	2,5	5,5	6,0	7,0	7,0	8,0	7,2	8,0	8,0	9,0 10,0
55	stand april 1955 / state of crop April 1955	2,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,5	8,0	8,5 10,0
56	stand juni 1955 / state of crop June 1955	—	—	—	—	—	—	7,1	—	—	—
57	middellijn planten april 1955 (diameter plants April 1955) in cm	11	18	20	21	23	20	23	24	26	29 35
58	middellijn planten juni 1955 (diameter plants June 1955) in cm	—	—	—	—	—	—	45	—	—	—

Bijlage 1. Slot / Appendix 1. Concluded

OPBRENGST EN KWALITEIT / Yield and quality		10	60	65	70	70	70	70	70	70	72	75	80	90	90
59	vruchtzetting (fruitsetting) %	0	10	10	15	20	2,3	2,5	10	10	—	20	35	50	90
60	geschat % 'baarden' / % incompletely set fruits	0,3	1,3	1,8	2,0	2,3						2,7	3,0	3,5	5,0
63	opbrengst (yield) in kg per plant	2	34	43	50	55					54	60	64	70	86
64	% kwaliteit A / % fruits first quality	5	9	13	16	19					21	23	27	39	75
65	% kwaliteit B / % disfigured fruits	3,7	8,3	8,7	9,0	9,0					—	9,0	9,2	9,5	10,0
68	verwerkingskwaliteit (processing quality) 3/10 ⁵⁵	—	—	—	—	—					8,4	—	—	—	—
69	" " 20/12 ⁵⁵	1,5	5,5	7,5	8,5	8,5					8,2	9,0	9,0	9,5	10,0
70	" " 27/4 ⁵⁶	4,8	8,4	9,5	10,8	11,5					11,5	12,4	13,4	14,8	19,4
66	aantal dagen na 26 juni waarop 50% is geoogst / lateness to 50% harvest (days after 26 June)	4,0	7,5	8,0	8,9	9,6					9,5	10,0	10,8	11,7	15,1
67	aantal dagen tussen 25% en 75% van de oogst / rate of ripening (days from 25% to 75% harvest)														
ZIEKTEN EN PLAAGEN / Diseases and pests ⁷		% gezond healthy													
48	Tetranychus urticae, juni (June) 1955	0	0	0	0	0	5	0	0	0	8,6	10	10	25	70
49	Aphelenchoides fragariae, id.	71	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	3	24	70
50	virus, id.	79	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1	0	0	4	60
51	Sphaerotheca macularis, juli (July) 1955 ⁸	3	0	1	3	4	5	5	5	5	4,2	5	5	6	9
52	Verticillium albo-atrum, juni (June) 1955	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	15
53	Anthonomus rubi, juni (June) 1955	26	0	0	0	5	5	5	5	5	5,9	5	10	10	35
54	windschade (wind damage) april (April) 1955 ⁸	0	3	3	3	3	4	3	3	3	4,5	6	7	7	9
TEELTBIJZONDERHEDEN / Particulars on cultivation															
76	aantal malen waarop aardbeien werden geplant in 10 jaar / number of times strawberries were planted in 10 years	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	1	1	2	4
BEMESTING NAJAAR '53 TOT VOORJAAR '54 / Fertilization autumn '53 till spring '54		0	150	300	400	400	400	500	500	500	410	500	500	700	1000
77	stalmest (farmyard manure) in kg/are														

1 CODE VOOR KORRELGROOTTE / Code for particle size of and

zeer fijn / very fine	1	5 CODE VOOR STANDCIJFERS E.D. / Code for state of crop etc.	0
fijn / fine	3	uiterst slecht / extremely bad	1
middel fijn / moderately fine	4	zeer slecht / very bad	3
tussen middel fijn en middel grof / between moderately fine and moderately coarse	5	slecht / bad	5
middel grof tot grof / moderately coarse to coarse	6	matig / moderate	7
grof / coarse	7	goed / good	9
zeer grof / very coarse	9	zeer goed / very good	10
		uiterst goed / excellent	

2 CODE VOOR LEEHOUDENDHEID / Code for loam content (0-50 %)

geen / none	0	6 CODE VOOR PLANTTIJD / Code for planting time	1
zeer zwak / very low	1	begin maart / early March	2
zwak / low	3	midden maart / middle March	3
matig / moderate	5	eind maart / end March	4
sterk / high	7	begin april / early April	5
zeer sterk / very high	9	midden april / middle April	6
		eind april / end April	7
		begin mei / early May	8
		midden mei / middle May	9
		eind mei / end May	

3 Vochtindex = $\frac{A\text{-cijfer} - \text{gew. \% vocht bij pF } 4,2}{\text{gew. \% vocht bij pF } 2,0 - \text{gew. \% vocht bij pF } 4,2}$

7 Bereken als het produkt van het percentage aangetaste planten en de mate van aantasting gedeeld door 10 / Calculated as the product of the seriousness of disease and the percentage of infected plants divided by 10

$$\text{Moisture index} = \frac{\text{weight \% moisture at sampling date} - \text{weight \% moisture at pF } 4,2}{\text{weight \% moisture at pF } 2,0 - \text{weight \% moisture at pF } 4,2}$$

4 CODE VOOR VERDROGGINGS (FRISHEID) CIJFERS / Code for withering (freshness)

plant fris / crop fresh	9	8 CODE VOOR MEELDAUW E.D. / Code for mildew etc.	0
vrij fris / rather fresh	7	geen / none	1
iets verdroogd, enige bladstelen verdraaid / slightly withered	5	zeer weinig / very little	3
verdroogd, bladeren slap, deels liggend / withered	3	weinig / little	5
sterk verdroogd, alle bladeren liggend / strongly withered	1	matig / moderate	7
		veel / much	9
		zeer veel / very much	10
		uitermate veel / extremely much	

Bijlage 2. Legenda van de overzichtskaart van de gemeente Zundert van VAN LIERE (1950)

Zg GROVE TOT MATIG GROVE ZANDGRONDEN

- Zg6 droog, matig grof zand, veelal met heidepodzolprofiel en begroeid met bos of heide, reliëf t/m 7 meestal onrustig.
Zg5 droog, matig grof zand met dikker of dunner pakket zwarte grond.
Zg4 tamelijk droge tot matig vochtige, matig grove zandgronden met pakket zwarte grond.
Zg3 vochtige, matig grove zandgronden.
Zg2 zeer vochtige, matig grove zandgronden.
Zg1 natte, matig grove zandgronden.

Z ZANDGRONDEN

- Z7 uiterst droge zandgronden.
Z6 zeer droge zandgronden.
Z5 droge zandgronden.
Z4 matig vochtige zandgronden.
Z3 vochtige zandgronden.
Z2 zeer vochtige zandgronden.
Z1 natte zandgronden.

Xo ZANDGRONDEN MET LAAG LEMIG ZAND BOVEN 80 CM

- Xo6 droge zandgronden met laag lemig zand boven 80 cm
Xo5 idem, droog tot matig vochtig.
Xo4 idem, matig vochtig tot vochtig.
Xo3 idem, vochtig tot zeer vochtig.
Xo2 idem, zeer vochtig tot nat.
Xo1 idem, nat.

X LEMIGE ZANDGRONDEN

- X5 gronden met lage waterstand, doch grote watercapaciteit.
X4 vochtige lemige zandgronden.
X3 idem, vochtig tot zeer vochtig.
X2 idem, zeer vochtig tot nat.
X1 idem, nat.

XL LEMIGE ZANDGRONDEN OP STERK LEMIG ZAND

- XL4 idem, vochtig.
XL3 idem, zeer vochtig.
XL2 idem, nat.
XL1 idem, zeer nat.

L STERK LEMIGE ZANDGRONDEN OP LEMIG ZAND

- L4 idem, vochtig.
L3 idem, zeer vochtig.
L2 idem, nat.
L1 idem, zeer nat.

DIKTE VAN HET HUMEUS DEK

- B humeus dek van 25-50 cm.
C „ 50-75 cm.
D „ 75-100 cm.
E „ 100-125 cm.
-

Appendix 2. Legend of soil map of the municipality of Zundert according to VAN LIERE (1950)

Zg Coarse to moderately coarse sandy soils

- Zg6/7 *dry, moderately coarse sand, mostly heath podzolprofile grown with wood or heath; relief mostly irregular.*
Zg5 *dry, moderately coarse sand with a thin or somewhat thicker humic layer.*
Zg4 *rather dry to moderately moist, moderately coarse sandy soils with a humic layer.*
Zg3 *moist, moderately coarse sandy soils.*
Zg2 *very moist, moderately coarse sandy soils.*
Zg1 *wet, moderately coarse sandy soils.*

Z Sandy soils

- Z7 *extremely dry sandy soils.*
Z6 *very dry sandy soils.*
Z5 *dry sandy soils.*
Z4 *moderately moist sandy soils.*
Z3 *moist sandy soils.*
Z2 *very moist sandy soils.*
Z1 *wet sandy soils.*

Xo Sandy soils with a layer of loamy sand above 80 cm

- Xo6 *dry sandy soils with layer of loamy sand above 80 cm.*
Xo5 *idem, dry to moderately moist.*
Xo4 *idem, moderately moist to moist.*
Xo3 *idem, moist to very moist.*
Xo2 *idem, very moist to wet.*
Xo1 *idem, wet.*

X Loamy sand soils

- X5 *soils with low watertable, but high waterholding capacity.*
X4 *moist loamy sandy soils.*
X3 *idem, moist to very moist.*
X2 *idem, very moist to wet.*
X1 *idem, wet.*

XL Loamy sand soils upon very loamy sand

- XL4 *idem, moist.*
XL3 *idem, very moist.*
XL2 *idem, wet.*
XL1 *idem, very wet.*

L Very loamy sandy soils upon loamy sand

- L4 *idem, moist.*
L3 *idem, very moist.*
L2 *idem, wet.*
L1 *idem, very wet.*

Thickness of humic layer

- B *humic layer of 25-50 cm.*
C *idem of 50-75 cm.*
D *idem of 75-100 cm.*
E *idem of 100-125 cm.*
-